

## LA POLÍTICA NUCLEAR ESPANYOLA: EL CAS DEL REACTOR NUCLEAR ARGOS<sup>1</sup>

Francesc X. Barca Salom

### RESUM

L'11 de juny de 1962 s'inaugurava a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona un reactor nuclear experimental, que era batejat amb el nom mític d'Argos. Tota la premsa barcelonina se'n feu ressò i el presentava com el primer reactor construït íntegrament a Espanya per la Junta d'Energia Nuclear. La idea de dotar l'Escola d'un reactor nuclear havia nascut, però, set anys abans, precisament en el mateix moment de la creació de la Càtedra Ferran Tallada d'enginyeria nuclear. Però la seva construcció i posterior instal·lació van haver de superar tot un seguit de dificultats que n'endarreriren la construcció.

Aquest article recull els problemes, els entrebancs i les dificultats que van planar sobre la construcció del reactor així com algunes de les innovacions tecnològiques que va significar. Estem convençuts que la realització del reactor va ser possible gràcies a la decidida implicació de la Cambra Oficial d'Indústria de Barcelona, que va ser l'entitat que, juntament amb l'Escola, va promoure aquest projecte i se'n feu càrrec del finançament.

A més, l'Argos va permetre als membres de la Junta d'Energia Nuclear tenir la seguretat que estaven en condicions de tirar endavant projectes més ambiciosos. Per això, creiem que s'ha de considerar com el punt més alt d'una política nuclear autònoma duta a terme per aquesta institució. Una política que pretenia el control de totes les activitats nuclear de l'Estat espanyol.

### 1. La inauguració

*“Ha sido bello llamar a la Iglesia y al Prelado para que esta nueva máquina comenzara a trabajar con la Bendición de Dios. Todos y todas las cosas estamos como inmersos en Dios y la alta Ciencia, que cada día va descubriendo nuevos esplendores en las obras de sus manos, está llamada tanto casi, diría yo, como la misma fe a hacernos siempre presente a Dios [...]*

*Es pues en nombre del Padre, Creador Omnipotente, del Hijo Redentor misericordioso y del Espíritu Santo, santificador y vivificador que vamos a bendecir esta nueva máquina”.*<sup>2</sup>

Amb aquestes paraules, pronunciades des de la barana interior de l'edifici de contenció, Josep Bach, capellà de l'església de Santa Tecla, va beneir el reactor nuclear de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. Era l'11

<sup>1</sup> Donem les gràcies a Guillermo Lusa, Antoni Roca Rosell, Xavier Ortega, Manuel Sevilla i Julia Simón, de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB), per les seves aportacions al text, Francisco Albusu, de SENER, i Albert Presas, de la Universitat Pompeu Fabra, pels suggeriments, i Maria Pont, arxivera de la Cambra de Comerç Indústria i Navegació de Barcelona, i Maria Cinta Solé, administradora de l'ETSEIB, pels ajuts documentals.

<sup>2</sup> Muntatge i inauguració. Caixes Ferran Tallada. Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.



Fig. 1.- Inauguració del Reactor Argos. D'esquerra a dreta, al costat del capellà, el ministre d'Indústria, Joaquín Planell, el director de l'Escola, Damià Aragonés, el president del Patronat, Andreu Oliva, entre d'altres personalitats. (Arxiu ETSEIB)

de juny de 1962, i per ser dilluns i, aleshores, dia de descans de la premsa, només tres diaris se'n van fer ressò.<sup>3</sup> Fou al dia següent que la resta de rotatius van dedicar algunes pàgines a l'esdeveniment destacant la importància d'aquest reactor, la solemnitat de l'acte i il·lustrant el text amb algunes fotografies.<sup>4</sup>

L'acte d'inauguració va tenir lloc a l'edifici en construcció de la nova escola, a l'avinguda Diagonal, i va ser presidit per dos ministres catalans del règim: Joaquim Planell, que ocupava la cartera d'Indústria, i Pere Gual Villalbí, que presidia, amb rang de ministre, el Consell d'Economia Nacional. Després de les paraules del capellà, tots els assistents es van traslladar a la sala de control del reactor, on es va poder mostrar com es podia posar en marxa. Tot seguit, van venir els discursos: el president de la Cambra Oficial d'Indústria, Ramos Par Tusquets, va fer el lliurament formal del reactor a l'Escola. El director del centre, Damià Aragonès, després d'agrair a la Cambra la seva generosa col·laboració, va explicar les raons que l'havien portat a introduir l'ensenyament de l'enginyeria nuclear i a adquirir un reactor experimental d'aquestes característiques. Finalment, el ministre d'Indústria va cloure l'acte amb unes paraules d'esperança pel desenvolupament industrial d'aquesta nova font d'energia, que, segons ell, havia de solucionar els problemes energètics del país.

Amb aquest article volem mostrar com el reactor que anomenaren Argos va representar el punt més alt de l'èxit de la política nuclear autònoma que va encetar la Junta d'Energia Nuclear (JEN) des dels seus inicis. Una política que consistia en l'elaboració en el propi país de la major part de totes les activitats relacionades amb l'energia nuclear fins a una "*completa nacionalización de esta industria*".<sup>5</sup> L'experiència de la construcció del reactor Argos i el seu germà bessó Arbi<sup>6</sup> havien de servir de base per a la construcció de prototip DON (Deuteri, Orgànic, Natural), projecte frustrat que pretenia ser el model per als reactors de potència espanyols.

## 2. Una política nuclear autònoma

Com si es tractés d'una teranyina, la política nuclear espanyola es va iniciar dèbilment, i gairebé de manera casual, però poc a poc es va anar entreteixint amb la voluntat de cobrir tots els àmbits que involucraven aquesta font d'energia i les seves possibles aplicacions. El terme *política nuclear autònoma* és emprat per Edmanuel Adler, a propòsit de la política nuclear argentina, per descriure l'activitat de la

<sup>3</sup> "El Ministro de Industria señor Planell en Barcelona", *La Hoja del Lunes*, 11/VI/1962, 1 i 6. VILA, J. R. "Esta semana... Carlos Fernandez Palomero y Agustín Tanarro", *La Hoja del Lunes*, 11/VI/1962, 11. "Reactor para la Escuela de Ingenieros Industriales", *La Prensa* 11/VI/1962, 1 i 6. "El Ministro de Industria señor Planell en Barcelona", *El Noticiero Universal*, 11/VI/1962, 1 i 6.

<sup>4</sup> "Inauguración del Reactor Argos de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales", *La Vanguardia Española* 12/VI/1962, 1 i 25. "Bendición e inauguración de un reactor en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros", *El Correo Catalán* 12/VI/1962, 1 i 3. "Apuntes de un mirón: Inauguración del Reactor Nuclear", *El Diario de Barcelona* 12/VI/1962, 2. "El Ministro de Industria Don Joaquin Planell inaugura en la Escuela de Ingenieros Industriales el primer reactor nuclear construido en España", *El Diario de Barcelona* 12/VI/1962, 31-33. "Bendición e inauguración del nuevo reactor Argos en la Escuela Superior de Ingenieros Industriales", *Solidaridad Nacional* 12/VI/1962, 1 i 7.

<sup>5</sup> Editorial *Energía Nuclear*, núm. 2, abril-juny, 1957.

<sup>6</sup> Més endavant s'expliquen algunes de les incidències de la construcció del reactor nuclear de l'Escola d'Enginyeria Industrial de Bilbao, anomenat Arbi.

Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)<sup>7</sup> i pot ser utilitzat sense gaires problemes per al cas espanyol.

Amb una política nuclear autònoma es pretén aconseguir un desenvolupament industrial i tecnològic propi, que permeti al país en qüestió minimitzar la dependència respecte a l'exterior i concretament respecte de les potències dominants. Com veurem, la política establerta per la Junta d'Energia Nuclear a Espanya es pot qualificar d'autònoma tot i que va mantenir trets diferenciadors de l'exemple argentí com a conseqüència de les diferències d'estructura social i política i de les diferents necessitats i recursos energètics d'ambdós països.<sup>8</sup> Però abans d'aprofundir en el cas espanyol ens detindrem a estudiar com es va descobrir l'energia nuclear i com els esdeveniments polítics van conduir, primer, a aprofitar-la per raons militars i, després, a aplicar-la per a usos pacífics. La descripció i el coneixement del marc internacional és imprescindible per poder comprendre en tota la seva dimensió el desenvolupament posterior en països perifèrics com és el cas d'Espanya.

## 2.1. El desenvolupament de l'energia nuclear

La descoberta de la radioactivitat per Henri Becquerel el 1896 i els treballs del matrimoni Curie (1898) sobre el tori, el poloni i el radi, i els intents de quantificar l'energia emesa en la radioactivitat van ser els treballs que obriren un nou camp a la física i van preparar el camí per a l'energia nuclear. Posteriorment, Rutherford va classificar les radiacions i va explicar perquè es produïa aquest fenomen. Les seves recerques el van conduir a proposar un model interpretatiu de l'àtom similar a un petit sistema solar, amb un nucli central on estava concentrada tota la massa i uns electrons girant en òrbites circulars al voltant d'aquest nucli.

A partir de 1920, les recerques van encaminar-se a obtenir la radioactivitat artificial. En aquest sentit, es van començar a fer estudis que consistien a bombardejar àtoms estables amb determinades partícules. Una conseqüència d'aquests estudis va ser que James Chadwick, el 1932, descobrís el neutró i que el 1934 el matrimoni Joliot-Curie comprovés que bombardejant elements lleugers amb partícules s'aconseguien elements radioactius. Poc temps després, Enrico Fermi, a Itàlia, es va adonar que els neutrons, la velocitat dels quals es moderava mitjançant la col·lisió amb aigua, eren més efectius que els neutrons ràpids.

El 1938, Otto Hahn i Fritz Strassmann es van sorprendre en obtenir bari en bombardejar urani amb neutrons. Li ho van fer saber a Lise Meitner, col·laboradora seva que, a causa de la persecució nazi, havia hagut de fugir a Suècia. Aquesta científica ho va comentar al seu nebot Otto Frish i tots dos van concloure que l'àtom d'urani s'havia trencat i havia emès una quantitat considerable d'energia. Aquest procés, el van anomenar fissió per similitud al procés biològic d'algunes cèl·lules. Frish el va poder confirmar per mètodes físics i poc després, també Fermi, a la

---

<sup>7</sup> La Comisión Nacional de Energía Atómica Argentina va centralitzar totes les activitats nuclears d'aquell país: mineria, reprocessament, formació i construcció de centrals nuclears. ADLER, Emanuel (1987). *The Power of Ideology. The Quest for technological Autonomy in Argentina and Brasil*, California, Univ. Press, 280-302.

<sup>8</sup> L'objectiu d'aquest treball no és una comparació entre les polítiques nuclears espanyola i argentina. Tanmateix, gràcies a les converses mantingudes el 7 de juny de 1999 amb Jacques Hymans, de la Harvard University, hem pogut comprovar que les semblances entre tots dos casos són considerables.

Universitat de Colúmbia, i els Joliot-Curie, a París, ho pogueren comprovar. Després de l'estiu de 1939, Niels Bohr va arribar a la conclusió que l'isòtop d'urani que fissionava millor era l' $U^{235}$ .<sup>9</sup>

La descoberta de la fissió va commocionar el món científic, ja que va aparèixer a Europa en un moment molt delicat des del punt de vista polític. Al començament de setembre de 1939 s'havia declarat la guerra i els físics eren conscients de la importància que aquesta troballa podia tenir si s'aplicava en la fabricació d'armament. Alguns, com Szilard, proposaven mantenir en secret els resultats de les recerques i juntament amb Einstein, que, com molts altres científics havien fugit als Estats Units, van enviar una carta al president Roosevelt per descriure-li els seus temors que Hitler pogués aprofitar aquestes recerques per fabricar armes nuclears.

La creença que els alemanys treballaven en la fissió va urgir els americans a iniciar el Projecte Manhattan, que tenia com a objectiu la fabricació de bombes atòmiques. En aquesta línia es van encetar els estudis sobre els possibles mètodes físics per separar l'isòtop  $U^{235}$  de l' $U^{238}$ , amb el convenciment que la reacció en cadena seria més eficient i l'arma més petita. Es van assajar diversos procediments: la centrifugació, la difusió tèrmica, la difusió gasosa i la separació electromagnètica, procediments molt difícils i incerts. D'altra banda, la descoberta el 1940 del plutoni per Glenn Seaborg i la comprovació que podia fissionar-se més ràpidament que l'urani va centrar l'atenció en una altra possible via, que consistia a produir aquest element en reactors nuclears i, després, extraure'l per mitjà d'un procediment més fàcil que els emprats en la separació de l'urani: la separació química dels residus produïts.

L'atac dels japonesos a Pearl Harbour a finals de 1941 va tenir com a conseqüència un impuls gran en el programa nuclear. L'any següent, el 2 de desembre de 1942, Enrico Fermi, que treballava en el Laboratori Metal·lúrgic de Chicago, va obtenir per primer cop una reacció en cadena autosostinguda sota les grades del camp de futbol de Stags Field. Des de llavors el procés fou imparabile. El general Groves, que dirigia el Projecte Manhattan, va fer aixecar a Oak Ridge (Tennessee) una planta de separació electromagnètica (Y-12) i una altra gegant de difusió gasosa (K-25), les quals no van començar a produir  $U^{235}$  fins al final de 1944.

Com que l'enriquiment de l'urani era incert es van construir uns reactors d'urani natural i refrigerats per aigua a Hanford (Washington) per produir plutoni. La construcció es va iniciar el 1943, però per problemes diversos no es va poder començar la separació d'aquest element fins a principi de 1945. Paral·lelament, a Los Álamos es va construir un centre de recerca aïllat del món amb l'objectiu de dissenyar les armes nuclears. I s'hi va tornar a confirmar la reacció en cadena, es va determinar la quantitat d'urani i plutoni necessaris per fer la massa crítica i es va dissenyar la geometria de les armes solucionant diversos problemes tècnics.

L'urani enriquit produït a Oak Ridge i el plutoni obtingut a Hanford es van enviar ràpidament a Los Álamos, i el 4 de juliol de 1945 es va fer una prova al sud d'Alamogordo amb una bomba de plutoni. Una setmana després la bomba estava llesta per al llançament. Hiroshima i Nagashaki en van ser els objectius.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> SEGRÉ, Emilio (1984). *Les physiciens modernes et leurs découvertes. Des rayons X aux quarks*, París, Fayard, 43-88, 142-164, 241-306; LORD HINTON OF BACKSHIRE, "Atomic Energy". Dins TREVOR, I. WILLIAMS (1978). *A History of Technology*, vol. VI. The Twentieth Century c. 1900 to c. 1950. Part I, Oxford, Clarendon Press, 233-267.

<sup>10</sup> SMITH, Henry de Wolf (1946). *La Energía Atómica al servicio de la guerra*. Madrid, Espasa Calpe, 73-167; BADASH, Lawrence (1995). *Scientist and the Development of Nuclear Weapons. From Fission to the Limited Test Ban Treaty. 1939-1963*, Nova Jersey, Humanities Press, 11-48;

Quan es va acabar la guerra, el president Truman va signar l'Atomic Energy Act, llei segons la qual es creava l'Atomic Energy Commission (AEC) amb la finalitat de dirigir el programa nuclear tant en els usos militars com en els pacífics. En els primers anys, però, aquesta institució va encaminar els seus esforços gairebé només en el camp militar. Així, a Oak Ridge, el 1946 el capità Hyman G. Rickover, responsable del programa de propulsió submarina, va encarregar a un equip de científics el desenvolupament, per primer cop, d'un reactor d'aigua a pressió i urani enriquit (Mark I i Mark II), amb la col·laboració de l'empresa Westinghouse. El 1954 es va provar en el submarí Nautilus.<sup>11</sup>

Fins al 1949 no es pot afirmar que comencés el programa civil americà. A partir d'aquest any, l'AEC va patrocinar sis tipus diferents de reactors experimentals en col·laboració amb diverses empreses privades.<sup>12</sup> De tots ells, només l'EBR (Experimental Breeder Reactor) va arribar a generar electricitat el 20 de desembre de 1951.<sup>13</sup>

El 1953, el president Eisenhower va presentar el programa Àtoms per la Pau. Aleshores no hi havia cap reactor als Estats Units que produís electricitat amb finalitats comercials, però s'estava planejant la construcció d'una planta d'aigua a pressió i urani enriquit a Shippingport. El concepte Àtoms per la Pau era simple, els Estats Units oferien ajut a diversos països en els seus programes nuclears a canvi d'obtenir el permís d'inspecció de totes les activitats nuclears i poder verificar que no hi havia desviament de material nuclear per a cap programa d'armament.<sup>14</sup> Però per poder convèncer els altres països, als americans els calia accelerar el seu programa de recerca amb l'objectiu de poder comercialitzar alguns reactor de potència, tot i que la indústria elèctrica no n'era partidària, ja que als Estats Units el quilovat nuclear encara era massa car.<sup>15</sup>

Mentrestant, a Europa, els països guanyadors de la guerra s'afanyaven en la recerca nuclear per aconseguir armament. Per això, tant França com la Gran Bretanya van optar per una línia de reactor d'urani natural com a pas previ per a l'obtenció de plutoni. Enriquir l'urani encara era massa costós i difícil i, a més, els americans mantenien en secret aquest procediment. Els treballs anglesos van desembocar en la inauguració, el 1955, de la central de Calder Hall, i els seus

---

HEWLETT, Richard i ANDERSON, Oscar Jr. (1962). *The New World 1939-1946. A history of the United States Atomic Energy Commission*, vol. 1, 16-25, 63-101, 110-130, 220-250.

<sup>11</sup> COWAN, Robin (1990). "Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-in", *Journal of Economic History*, vol. 50, núm. 3 (setembre 1990), 541-567.

<sup>12</sup> COLBORN, Robert (1948). "What happened on Atomic Energy in '47?", *Electrical World*, abril, 10, 97-104.

<sup>13</sup> HEWLETT, Richard G. (1964). "Pioneering on Nuclear Frontiers", *Technology & Culture*, 1964, vol. V, núm. 4, 512-522.

<sup>14</sup> PARSONS, R.M. (1995). "History of Technology Policy-Commercial Nuclear Power", *Journal of professional issues in engineering education and practice*, vol. 121, núm. 2, 85-98; HEWLETT, Richard G. (1989). *Atoms for Peace and War 1953-1961*, Berkeley, University of California Press, 209-271.

<sup>15</sup> MARTINEZ, C. i BYRNE, John (1996). "Science, Society and State: The Nuclear Project and the Transformation of the American Political Economy". Dins: BYRNE, John i HOFFMAN, Steven M. *Governing the Atom. The politics of risk, Energy and Environmental Policy*, vol. 7, New Brunswick, Transaction Publishers, 67-102.

homòlegs francesos van posar en marxa, el 1956, del reactor G-1, tots dos d'urani natural i grafit-gas.

Una de les accions del programa Àtoms per la Pau va ser l'organització d'una conferència internacional a Ginebra el 1955. Aquesta I Conferència per a usos pacífics de l'energia nuclear va significar un èxit mundial, ja que hi van assistir més de 1.200 delegats de 73 països i es va saber que l'URSS disposava d'un reactor que produïa electricitat (la central d'Obninsk). Per la seva banda, Espanya va participar enviant una delegació d'alt nivell i alguns dels científics de la Junta d'Energia Nuclear van presentar-hi treballs.<sup>16</sup>

Entre 1955 i 1958 l'eufòria inicial va començar a decaure. L'energia nuclear resultava interessant des d'un punt de vista científic però encara estava lluny de ser rendible des d'un punt de vista econòmic. La posada en marxa del reactor Shippingport, el 1957, encara ho va confirmar més. Calia, doncs, esperar algun temps però l'esperança que aquesta nova font s'acabaria imposant continuava present.

## 2.2. Els primers contactes espanyols amb l'energia nuclear

Les primeres referències a l'energia nuclear a Espanya apareixen, poc temps després del llançament de les bombes, en l'àmbit de la divulgació científica. Se sol citar un article en la revista *Ibèrica*<sup>17</sup> aparegut el setembre de 1945 i la conferència del jesuïta Ignacio Martín Artajo a l'ICAI (Instituto Católico de Artes e Industrias)<sup>18</sup> a finals d'aquell mateix any. Tanmateix, en el camp científic, les primeres activitats tenen lloc en la mineria. En aquest sentit, l'octubre de 1945, el Ministeri d'Indústria va establir la reserva a favor de l'Estat de tots els jaciments d'urani de catorze províncies.<sup>19</sup> I, uns mesos abans, l'Institut Geològic i Miner havia creat una comissió<sup>20</sup> per estudiar els jaciments d'urani a Espanya i, proposada per l'Associació d'Enginyers de Mines, va organitzar des de finals de 1945 un cicle de conferències a l'Institut d'Enginyers Civils de Madrid sobre aquesta temàtica.

També fou la mineria la que va provocar l'anècdota que se cita com la desencadenant del projecte de recerca nuclear espanyol. A l'abril de 1948, el professor italià Francesco Scandone, després de pronunciar una conferència a l'Institut Daza de Valdés d'Òptica del Consell Superior d'Investigacions Científiques

<sup>16</sup> ORTEGA COSTA, Joaquín (1955). "Síntesis crítica de la Conferencia Internacional de Ginebra sobre las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear", *Acero y Energía*, núm. 71, setembre-octubre, 39-43 (501-511).

<sup>17</sup> MALDONADO, Francisco (1945). "La bomba atómica", *Ibérica*, núm. 32, 180-182, 188.

<sup>18</sup> La conferència duia el títol d'*Energía Atómica. Sus características y aplicación para fines militares*; ORDÓÑEZ, Javier i SÁNCHEZ-RON, José M. (1996). "Nuclear Energy in Spain. From Hiroshima to the sixties". Dins FORMAN, Paul i SÁNCHEZ-RON, José M. *National Military Establishments and the Advancement of Science and Technology*, Boston, Kluwer Academic Publishers, 185-213.

<sup>19</sup> Ordre de 4 d'octubre de 1945, *Boletín Oficial del Estado* (BOE), núm. 278, 2133. "La excepcional importancia que los minerales de Uranio tienen para la economía y la defensa nacional aconsejan la reserva de aquellos terrenos donde se presume la existencia de dichos minerales".

<sup>20</sup> Formaven la comissió el cap del laboratori José Romero Ortiz de Villacian i els enginyers Miguel Moya, Meseguer, Antonio Comba, José Manuel López de Azcona i Manuel Abbad. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España. Uranio. Curso de conferencias*, Madrid, Tip.-Lit. Coullaut, 1946.

(CSIC), va manifestar interès sobre els jaciments d'urani espanyols. Armando Durán, que era a la xerrada el va posar en contacte amb el general Vigón i es va iniciar així una col·laboració entre ambdós països.<sup>21</sup> Al setembre del mateix any, Franco va dictar un decret de caràcter reservat pel qual constituïa la Junta d'Investigacions Atòmiques (JIA), formada per José María Otero Navascués, Manuel Lora Tamayo, Armando Durán Miranda i José Ramon Sobredo Rioboo i per donar-li cobertura legal i financera es va crear una empresa, Estudios y Patentes de Aleaciones Especiales (EPALE),<sup>22</sup> al capdavant de la qual es va col·locar una figura de molt prestigi: Esteve Terradas.<sup>23</sup>

### 2.3. L'etapa de secretisme (1948-1951)

L'objectiu de la JIA era triple: en primer lloc, la mineria de l'urani i la seva transformació; en segon lloc, la formació de científics a l'estranger i, finalment, la realització de treballs experimentals que conduïssin a l'obtenció d'una pila termonuclear.

En aquells anys, el règim franquista, que fins a l'acabament de la Segona Guerra Mundial havia emprat una retòrica feixista i s'havia vinculat a les potències de l'Eix, va iniciar un procés de canvi d'imatge. Aleshores calia suavitzar la cara externa i, així, fer front a l'aïllament econòmic i a la prohibició explícita de les Nacions Unides de participar en els organismes internacionals. Per això, els canvis de govern del 1945, preveient el desenllaç de la guerra, ampliaren la participació del sector catòlic amb la finalitat d'aconseguir una aliança amb l'Església, que proporcionés la legitimitat desitjada. En aquesta mateixa línia es va promulgar el Fuero de los Españoles i, el 1947, la llei de successió que establia la monarquia com a forma de govern.<sup>24</sup>

L'autarquia regia els criteris econòmics, en part, obligada per l'aïllament exterior, però, en part, també desitjada i concebuda com una part consubstancial de l'ideal totalitari, que, materialitzat en un nacionalisme polític i econòmic, presidia el règim del general Franco.

En aquest context tan desfavorable per a les relacions internacionals, EPALE va començar les seves activitats contractant alguns joves titulats, com Ramon Ortiz Fornaguera,<sup>25</sup> que fou pensionat per estudiar a Milà. Poc després també es van incorporar a l'equip Carlos Sánchez del Río i María Aránzazu Vigón, els quals van

<sup>21</sup> DURÁN, Armando (1998). "Los orígenes de la Junta de Energía Nuclear", *Nuclear España. Revista de la Sociedad Nuclear Española*, juny, 20.

<sup>22</sup> EPALE es va constituir amb un capital de 100.000 PTA, dividit en 200 accions, i es va fer constar com a domicili social el domicili particular d'Otero Navascués. DURÁN, *op. cit.* (1998), 21.

<sup>23</sup> ROCA ROSELL, Antoni i SÁNCHEZ-RON, José Manuel (1990). *Esteban Terradas (1883-1950)*, Madrid, Barcelona, Instituto Nacional de Técnicas Aeroespaciales i Ediciones del Serbal, 302.

<sup>24</sup> MARTÍNEZ, Jesús A. (coord.) (1999). *Historia de España. Siglo XX. 1939-1996*, Madrid, Cátedra, 19-66.

<sup>25</sup> Ortiz Fornaguera va ser a Itàlia des de setembre de 1948 a juny de 1949 fent un curs d'ampliació dirigit per Bruno Ferretti en col·laboració amb el CISE (Centre d'Informazione, Studi ed Esperienze) de Milà. A continuació, des de setembre de 1949 a novembre de 1950, va continuar la seva formació a la Universitat de Chicago sota la direcció d'Enrico Fermi. "Currículum Vitae de Ramon Ortiz Fornaguera". Arxiu familiar.



viatjar a Roma i Milà.<sup>26</sup> Mentrestant, en qualitat de conseller delegat de l'empresa, José María Otero Navascués va començar a establir contactes amb alguns centres de l'exterior. El 1949 va viatjar a Suïssa per visitar el professor Scherrer, del Politècnic de Zuric, i després va anar a Alemanya per entrevistar-se amb el professor Heisenberg i el científic Karl Wirtz, de l'Institut Max Planck de Göttingen. Durant aquests anys, també es va posar en contacte amb Samuel K. Allison, de la Universitat de Chicago, i amb els professors Bolla i Amaldi, del Politècnic de Milà,<sup>27</sup> i va visitar la Universitat Lliure de Brussel·les, la fàbrica d'urani Le Bouchet, on va conèixer Bertrand Goldsmidt, i el departament de metal·lúrgia de Harwell.<sup>28</sup> Alguns d'aquests professors van viatjar a Madrid per impartir conferències o fer estades amb el propòsit de formar els científics locals.<sup>29</sup>

Les activitats de formació van anar acompanyades de l'inici dels treballs de prospecció. A Hornachuelos, al Coto Nacional Carbonell de la Sierra de Albarrana, on des de 1917 ja s'havia detectat jaciments de brannerita, es va començar a extreure algunes quantitats de mineral que van ser tractats al laboratori de la càtedra de química teòrica de la Universitat de Madrid, on va construir-se una petita planta pilot amb l'objectiu d'aconseguir algunes quantitats de nitrat d'uranil.<sup>30</sup>

Quant als treballs de recerca encaminats a obtenir un reactor, van orientar-se en dos camps: els elements combustibles i els possibles moderadors, per la qual cosa van incorporar-se a l'equip José Terraza Martorell, provinent de l'Institut del Ferro i l'Acer, perquè iniciés la recerca en metal·lúrgia.<sup>31</sup> I, amb la col·laboració de les empreses Nitratos de Castilla i Energía e Industrias Aragonesas, es van començar els estudis dels possibles moderadors: aigua pesant i grafit. El 1951, en el soterrani de la Facultat de Ciències de la Universitat Central de Madrid, es va construir una planta pilot per tractar els minerals d'urani.<sup>32</sup>

Aquest primer període de desenvolupament de l'energia nuclear es caracteritza pel més estricte secretisme i pel reconeixement explícit de la manca de personal preparat. Al maig de 1950 va morir sobtadament Esteve Terrades, i el general Vigón va ocupar-se personalment de la direcció d'EPALE. Aleshores va iniciar-se una nova etapa en què el secret fou gradualment substituït pel discret,<sup>33</sup> ja que, el 21

<sup>26</sup> Armando Durán explica que el 15 d'octubre de 1948 es va desplaçar a Roma per organitzar l'estada dels primers científics espanyols, primer a Roma i després a Milà. DURÁN, *op. cit.* (1998), 21.

<sup>27</sup> "Noticiario", *Energía Nuclear*, núm. 8, octubre-desembre 1958, 128-131.

<sup>28</sup> OTERO NAVASCUÉS, J.M. (1957). "Hacia una industria nuclear", *Energía Nuclear*, núm. 3, juliol-setembre, 14-38.

<sup>29</sup> Scherrer va ser a Madrid el 1949 per fer tres conferències; també hi viatjà Otto Hahn. Wirtz, en canvi, va fer una estada de tres mesos el 1950. VILLENA PARDO, Leonardo (1984). "José María Otero Navascués (1907-1983)", *Óptica Pura y Aplicada*, vol. 17, núm. 1, 8.

<sup>30</sup> GUTIÉRREZ JODRA, J. i PÉREZ LUIÑA, A. (1957). "El Centro Nacional de Energía Nuclear de la Moncloa", *Energía Nuclear*, núm. 2, abril-juny, 4-18.

<sup>31</sup> PEDREGAL, Jovino D. (1957). "El Centro Nacional de Energía Nuclear de la Moncloa", *Energía Nuclear* núm. 1, gener-març 1957, 7.

<sup>32</sup> CARO, R. *et. al.* (ed.) (1995). *Historia Nuclear de España*, Madrid, Sociedad Nuclear Española, 111.

<sup>33</sup> ORDÓÑEZ i SÁNCHEZ-RON (1996), 193.

d'octubre de 1951, un decret llei va donar pas a la que seria l'agència espanyola d'energia atòmica sota el nom de Junta d'Energia Nuclear (JEN).

## 2.4. L'etapa de grans projectes (1951-1955)

La JEN naixia amb uns objectius molt ambiciosos. Gairebé diríem que pretenia abastar tots els camps relacionats amb l'energia nuclear. Més concretament, abastava quatre àmbits fonamentals: 1) La mineria de l'urani en el seu sentit més ampli; 2) La formació de personal i l'assessorament del govern; 3) La recerca en tots els camps relacionats amb l'energia nuclear, i 4) La protecció radioactiva i la producció i distribució d'isòtops.

Així, el primer àmbit havia de permetre mantenir el control de la mineria de l'urani, ocupant-se de la prospecció, el descobriment i l'explotació dels jaciments i del tractament d'aquests minerals. Quant a la formació, el segon dels àmbits, es proposava ocupar-se de la preparació de personal adient i, també, d'establir contactes amb els organismes estrangers implicats amb la voluntat de controlar la docència d'aquesta disciplina.

Pel que fa a la recerca, el tercer dels àmbits encomanats a la JEN, es pretenia abastar tots els camps relatius a la química i la metal·lúrgia, no sols dels productes derivats de l'urani sinó també de tots els que intervenen en qualsevol aplicació nuclear. La Junta també es feia càrrec de la recerca més teòrica sobre física nuclear i de la més aplicada referent a la instrumentació. Totes aquestes feines d'investigació s'encaminaven a la construcció de plantes pilot, tant per obtenir determinats productes com per aixecar reactors experimentals i prototips. Volia aconseguir, així, el control sobre les futures aplicacions d'aquesta font d'energia.

Finalment, la JEN s'havia d'ocupar, també, de la medicina nuclear i la protecció radioactiva, així com de la fabricació i distribució d'isòtops per a les seves diferents aplicacions a la medicina, la indústria o l'agricultura. Era el darrer àmbit i l'extrem de la xarxa llençada per controlar les múltiples utilitzacions de l'energia de l'àtom.<sup>34</sup>

Tanmateix, els canvis polítics, socials i econòmics de la dècada (1951-1959) contribuïren a modificar, matisar i reorientar el propòsit inicials, ja que ens trobem davant d'uns anys clarament diferents de l'autarquia dels anys quaranta i del desenvolupament dels seixanta. Aquesta és una etapa de transició en la qual el model autàrquic mostrava de manera molt clara símptomes d'esgotament. Els desacords de les cambres de comerç amb els controls del govern i les mobilitzacions de 1951 a Barcelona per la puja dels preus dels tramvies en foren uns exemples ben clars.

La dècada es va iniciar amb un canvi de govern en què els catòlics assoliren, encara, més fites de poder a costa dels falangistes. Els nous ministres incorporats<sup>35</sup> mostraren actituds més permissives envers la premsa, amb alguns exiliats i amb l'ensenyament. En l'ordre internacional, el règim va assolir, el 1953, uns objectius impensables en els anys anteriors: la signatura dels pactes amb els Estats Units i el

---

<sup>34</sup> Decret llei de 22 d'octubre de 1951, BOE, 24 d'octubre de 1951, 4778-4779.

<sup>35</sup> Els ministres catòlics del govern de 1951 eren Martín Artajo i Ruiz Giménez. De totes maneres, Franco, per compensar l'augment de catòlics, va augmentar la presència de falangistes en el govern: Girón, Fernández Cuesta, Arias Salgado, algun militar com Muñoz Grandes, un monàrquic, el comte de Vallengano, i un tradicionalista, Iturmendi. Carrero Blanco, com a ministre sotssecretari de la presidència, es perfilava com el braç dret del règim. MARTÍNEZ (1999), 71-106.

concordat amb la Santa Seu. Els primers tenien a veure amb l'inici de la guerra freda, la qual va convertir el franquisme, als ulls americans, en un bastió de l'anticomunisme. El segon, va permetre un cert grau de rehabilitació internacional de la dictadura, a més d'alguns honors simbòlics com l'entrada de Franco sota pal·li en actes religiosos.

En aquesta etapa l'activitat de la JEN, dirigida pel general Juan Vigón, es va caracteritzar pels grans projectes, com la construcció d'un gran centre d'estudis nuclears i la planta de tractament de minerals d'urani d'Andújar. Tanmateix, aquestes idees tan ambiciosos van topat amb dificultats per aconseguir informació científica i tecnològica com a conseqüència de l'aïllament respecte a l'exterior i del secretisme mantingut per les potències nuclears.

El projecte d'un centre d'estudis nuclears s'inicià pràcticament des del moment en què es va constituir la JEN. Aleshores es va recórrer a l'assessorament del científic alemany Karl Wirtz, el qual va desplaçar-se a Madrid per discutir els detalls del projecte. El general Vigón estava disposat a construir un edifici i unes instal·lacions molt ambiciosos, dignes dels amplis objectius de la JEN. Wirtz, en canvi, es mostrava més prudent i els suggeria de començar per crear centres docents a les universitats per preparar els científics i els tècnics futurs.<sup>36</sup> Tanmateix, fins al 1954 no es van començar a construir a la zona de Moncloa alguns edificis destinats al futur centre d'energia nuclear. Aquell mateix any, la Divisió de Física de la JEN es va traslladar a uns locals provisionals en el recinte en construcció i a finals de 1955 es va instal·lar-se una planta pilot de tractament de minerals d'urani aprofitant l'experiència de la que s'havia instal·lat el 1951 en el soterrani de la Facultat de Ciències.<sup>37</sup>

La fàbrica de tractament d'urani d'Andújar, l'altra de les grans realitzacions iniciades en aquest període, va començar les obres d'infraestructura el 1956. Es va triar aquesta localitat de Jaén perquè era el centre de gravetat de les mines en explotació: les de Cardeña (Còrdova) i les de Santuario de la Virgen de la Cabeza (Jaén). La seva construcció va anar precedida d'una àmplia experiència iniciada al laboratori de química de la Universitat de Madrid, continuada a la planta pilot del soterrani de la Facultat de Ciències i completada amb la nova planta pilot del centre nuclear de la Moncloa. Precisament, aquesta darrera va tenir com a objectiu primordial l'estudi del procés que s'havia d'instal·lar a la fàbrica d'Andújar.<sup>38</sup>

No seria just centrar les activitats de la JEN en el període 1951-1955 únicament en el projecte del Centre i amb el de la fàbrica d'Andújar. També en el camp de la prospecció minera va assolir alguns objectius que cal tenir en compte, com l'explotació dels ja citats jaciments de Santa María de la Cabeza (Jaén), i l'inici dels treballs a Ciudad Rodrigo (Salamanca) i Don Benito (Badajoz).<sup>39</sup> En la recerca cal

<sup>36</sup> PRESAS i PUIG, Albert, manuscrit de la conferència "Ciència i Franquisme: els inicis de la física nuclear i les relacions internacionals", Seminari d'Història de la Ciència de la Universitat Pompeu Fabra, 26 de novembre de 1999. Agraïxo a l'autor l'accés al text.

<sup>37</sup> GUTIÉRREZ JODRA, J. i PÉREZ LUIÑA, A. (1957). *Op. cit.*, 4-18; SÁNCHEZ DEL RÍO, C. (1958). "El Centro Nacional de Energía Nuclear de la Moncloa", *Energía Nuclear*, núm. 4, octubre-desembre, 3-12.

<sup>38</sup> REQUENA, Eduardo (1976). *La Junta de Energía Nuclear. XXV aniversario*, Madrid, Junta de Energía Nuclear, 68.

<sup>39</sup> CARO, R. *et al.* (ed.) (1995), 83.

destacar els treballs sobre metal·lúrgia física de l'urani i l'inici de l'estudi de la fabricació dels elements de combustible amb urani natural<sup>40</sup> i els esforços en l'obtenció d'aigua pesant i en la producció de grafit, prudentment assessorats per Wirtz.<sup>41</sup> En l'apartat de formació, cal destacar les tesis preparades a Alemanya, encara que llegides a Espanya, per María Aránzazu Vigón, José García Fité i Eduardo Rodríguez Mayquez, i l'assistència, l'any 1954, d'una delegació de la JEN al Congrés Internacional d'Enginyeria Nuclear organitzat per la Universitat de Michigan a Ann Arbor (EUA).

## 2.5. L'etapa de les realitzacions 1955-1958

Des de 1955 a 1958, la direcció de la JEN va recaure, primer, en el general Hernández Vidal i, més tard, en el propi Otero Navascués. L'etapa es caracteritza per l'accés més fàcil a la informació i a la col·laboració internacional, gràcies al programa *Àtoms per la Pau* i al I Congrés de Ginebra, i perquè comencen a fer-se realitat els projectes iniciats en l'etapa anterior.

En l'aspecte polític i social, el bienni 1956-1957 significa un punt d'inflexió en l'evolució del règim franquista. Les vagues a diverses ciutats espanyoles, la consolidació del moviment estudiantil i l'aparició d'una oposició interna formada per les noves generacions de la postguerra –els anomenats fills del règim–, van desembocar en un canvi de govern en el qual els falangistes perderen, encara més, parcel·les de poder i s'obriren les portes als anomenats tecnòcrates. Aquests, mostrant una asèpsia planificadora, contribuïren a consolidar el règim a la vegada que obrien l'economia a l'exterior. Així, seguint les directrius del Fons Monetari Internacional, establiren, el 1957, unes actuacions liberalitzadores i, el 1959, un pla d'estabilització que eliminaria, entre d'altres coses, les traves intervencionistes, les regulacions de preus i les llicències d'exportació.<sup>42</sup>

En aquest context tan favorable per a la col·laboració internacional, es van obrir a la JEN un ampli ventall de perspectives, sobretot després de la I Conferència de Ginebra, que acabaren consolidant-se el 19 de juliol de 1955 amb la signatura de l'acord de cooperació entre els EUA i Espanya en matèria d'usos pacífics de l'energia nuclear. L'acord obligava els Estats Units a proporcionar l'urani enriquit necessari per a la construcció d'un reactor de recerca.<sup>43</sup> A canvi, els experts americans es reservaven el dret d'inspeccionar les instal·lacions nuclears espanyoles. Resultava evident que l'acord significava el control efectiu dels americans sobre les qüestions nuclears espanyoles.<sup>44</sup>

El 1955, després de la mort del general Vigón, Karl Wirtz es va desplaçar a Madrid per tenir contactes amb l'equip que treballava a la JEN i preparar un informe on es descriu la situació de l'energia nuclear a Espanya i s'enuncien les mesures

<sup>40</sup> CARO, R. *et al.* (ed.) (1995), 99.

<sup>41</sup> PRESAS PUIG (1999).

<sup>42</sup> MARTÍNEZ (1999), 106-127; BIESCAS, José Antonio i TUÑÓN DE LARA, Manuel (1987). *España bajo la dictadura franquista (1939-1975)*, Barcelona, Labor, vol. X, 55-70.

<sup>43</sup> La quantitat lliurada no superaria els 6 kg d'U<sup>235</sup> al 20%. S'establia també la possibilitat de fer convenis entre empreses privades d'ambdós països per a usos pacífics de l'energia nuclear.

<sup>44</sup> ORDÓÑEZ i SÁNCHEZ-RON (1996), 196.

aconsellables per continuar endavant, entre les qual es trobava la construcció d'un reactor experimental adquirit als EUA.<sup>45</sup> Sembla, doncs, bastant evident que els contactes establerts en la I Conferència de Ginebra i la signatura de l'acord van obrir la porta a l'adquisició del primer reactor nuclear a Espanya.<sup>46</sup> Finalment, a mitjan 1956, es va signar el contracte de compra d'un reactor de tipus piscina a l'empresa americana International General Electric, malgrat les reticències d'Otero Navascués, pel que es dedueix de la correspondència amb Wirtz, el qual hagués preferit que l'urani del reactor fos espanyol i que, tal vegada, el reactor fos d'urani natural en lloc d'enriquit i es pogués construir íntegrament a Espanya.

## 2.6. El reactor JEN-1

El reactor JEN-1 era heterogeni, del tipus piscina, moderat i refrigerat per aigua lleugera i amb reflector de grafit. Estava alimentat per elements de combustible d'urani enriquit al 20%, i la piscina disposava de dos pous, que permetien treballar a potències baixes (100 kW) o a potències altes (3 MW).<sup>47</sup>

Les obres de construcció del reactor van facilitar que el projecte del general Vigón de fer un gran centre de recerca es fes definitivament realitat i que focalitzés l'atenció de l'equip de treball de la JEN durant els anys 1956-1958. Així, a part de la nau del reactor, es va poder aixecar, entre d'altres coses, un edifici de tres plantes per a laboratoris i oficines, un edifici per a taller i magatzem, un altre per contenir la xemeneia, els filtres i els ventiladors, una torre de refrigeració i uns dipòsits per al buidatge de la piscina del reactor.<sup>48</sup> La General Electric es va comprometre a subministrar tots els elements estrictament nuclears que no podia abordar la indústria espanyola: el nucli, els equips de control, dipòsits experimentals i diverses parts de sistema de refrigeració. La JEN, en canvi, s'havia d'ocupar de tots els elements de construcció convencional i del muntatge i la posada a punt del reactor,<sup>49</sup> per la qual cosa va contractar empreses espanyoles perquè, sota la seva

<sup>45</sup> PRESAS PUIG (1999). L'informe fa esment de la fabricació a Espanya dels elements combustibles amb l'objectiu de proveir els futurs reactors amb l'urani del propi país. Dedica molta atenció a la formació del personal i fa referència expressa a què el centre, quan estigui construït, haurà d'estar equipat amb un Kevatron, un generador Van der Graaf i un accelerador lineal.

<sup>46</sup> Antonio Colino López, que més tard fou vicepresident de la JEN, explica detalladament com van anar els fets: *"Durante nuestra estancia en Washington, Strauss [aleshores era president de l'AEC] nos invitó a pasar un sábado en su finca, a unos 50 km de la ciudad. Nos presentó entonces a Von Neuman, ni más ni menos que la persona que había calculado, con los computadores por él inventados, la bomba atómica, y que era también comisario. Al final de la mañana y del almuerzo, cuando habíamos compartido ya unas horas con nuestros anfitriones, oímos, con asombro, a Strauss y a Neuman comentar que les habíamos caído muy bien y que –y esto es lo importante– nos iban a ayudar para que se pudiera instalar un reactor en España. Así surgió el reactor JEN-I". "Entrevistas. CIEMAT 50 años de historia", Nuclear España. Revista de la Sociedad Nuclear Española. Juny, 1998, 11.*

<sup>47</sup> JIMÉNEZ REYNALDO, Oscar (1958). "El reactor", *Energía Nuclear*, núm. 8, octubre-desembre, 21-31.

<sup>48</sup> NOREÑA DE LA CÁMARA, Santiago (1958). "Edificios para el reactor experimental de piscina de 3 MW de la Junta de Energía Nuclear", *Energía Nuclear*, núm. 8, octubre-desembre, 5-20.

<sup>49</sup> CREPI GONZÁLEZ, A.; ALONSO SANTOS, A.; FAURE BENITO, R. i ROCHER VACA, R. (1958). "Instalaciones del Reactor", *Energía Nuclear*, núm. 8, octubre-desembre, 32-51.

supervisió, duguessin a terme els treballs. Així, l'Oficina Tècnica CAL es va encarregar del projecte de construcció i obra civil. Un contractista es va ocupar de la construcció dels diversos edificis i alguns sotscontractistes, respectivament, de diverses parts de la construcció, de les instal·lacions de ventilació i calefacció, i de les instal·lacions elèctriques.<sup>50</sup> Algunes empreses espanyoles o amb seu en el país van fabricar diversos elements, com el recobriment del reactor i les portes, el pont grua, les canonades d'acer inoxidable, el grup electrogen de reserva i les portes estanques.<sup>51</sup>

## 2.7. Un programa “nacional”

El 27 de novembre de 1958 es van inaugurar el reactor JEN-1 i el Centre d'Estudis Nuclears de la Moncloa, amb presència del general Franco, i l'any següent la Fàbrica de Uranio General Hernández Vidal a Andújar. Es cobria així una etapa fonamental per al desenvolupament de l'energia nuclear a Espanya. Cal reiterar que aquest esforç havia estat presidit per la voluntat que la major part de les feines es realitzessin amb materials espanyols, per empreses i per personal espanyols. I podem estar plenament segurs que si hi va haver intervenció estrangera va ser perquè no hi havia cap possibilitat que es pogués fer a l'interior. Un editorial de la revista de la JEN ho resumia a la perfecció:

*“Evidentemente, un sano programa nacional debe tender progresivamente a incluir todos los aspectos involucrados con la producción de energía y debe tratar de aprovechar al máximo en cada momento las posibilidades del país lo que no se logrará hasta la completa nacionalización de esta industria, lo que llevará consigo el trabajar con conceptos y proyectos previos”.*<sup>52</sup>

No obstant això, hi havia aspectes que aviat es van adonar que eren insalvables. Per exemple, mai no es podria aconseguir a Espanya una planta d'enriquiment d'urani. Per això, des del principi es va treballar en l'obtenció d'aigua pesant com a moderador, ja que es tenia present la possibilitat de construir un reactor amb urani natural.<sup>53</sup>

---

<sup>50</sup> Ramón Beamonte fou el contractista general. Ricardo Barredo fou sotscontractista encarregat del pretesat del formigó de la nau principal del reactor i dels anells dels dipòsits enterrats. C. ARA Ingenieros fou sots contractista per a les instal·lacions de ventilació, calefacció, fontaneria, i condicionament de l'aire en els laboratoris calents. Isolux fou sotscontractista per a les instal·lacions elèctriques en alta i baixa tensió i va ajudar per a les instal·lacions de control. *Energía Nuclear*, núm. 8, octubre-desembre 1958, 127.

<sup>51</sup> Construcciones Aeronáuticas, SA, va fabricar el recobriment de la secció d'alta potència del reactor i la comporta que separa les parts d'alta i baixa potència de la piscina. Talleres Grasset, SA, va fabricar el pont grua de la nau principal del reactor i altres equipaments complementaris. Babcock & Wilcox s'encarregà de les canonades d'acer per als circuits de refrigeració del reactor. Maquinista Terrestre y Marítima va subministrar el grup de reserva de 200 kVA. Boeticher y Navarro va fabricar les portes estanques. *Energía Nuclear*, núm. 8, octubre-desembre 1958, 127.

<sup>52</sup> *Energía Nuclear*, núm. 2, abril-juny 1957, 5.

<sup>53</sup> La correspondència de Wirtz també ho confirma, ja que al juliol de 1955, Otero li explicava que durant el Congrés d'Ann Arbor, Walter Zinn li havia comentat la possibilitat de construir un reactor

El programa de nacionalització de la indústria nuclear consistia a nacionalitzar les matèries primeres: urani, aigua pesada, grafit i els elements combustibles. Després, produir a Espanya els elements mecànics del reactor: vas del reactor, canonades, bombes, òrgans de control, vàlvules i instrumentació, i accelerar la producció de les parts convencionals del reactor. També calia nacionalitzar els projectes i escollir els reactors que consumissin el combustible mínim.

*“Es evidente que el programa de inversiones para la nacionalización no puede desarrollarse por la Junta de Energía Nuclear y compete fundamentalmente a la industria privada. Por ello es imprescindible una máxima colaboración entre la Junta y la industria privada, atendiendo la primera a las funciones de investigación y desarrollo y plantas industriales de tamaño mínimo y la segunda a plantas industriales cuyo tamaño consienta la máxima economía”.*<sup>54</sup>

El propòsit era clar, es volia aconseguir que el 90% de les centrals nuclears de potència espanyoles fossin de fabricació “nacional”.<sup>55</sup> Ara bé, aquest programa va néixer a contracorrent. Primer, perquè anava en contra dels interessos polítics, ja que amb els canvis de govern que van tenir lloc a partir de 1957, va iniciar-se una obertura econòmica a l'exterior que, per principi, era contrària a tanta protecció.<sup>56</sup> Segon, anava en contra dels interessos de les empreses elèctriques, que començaven a veure més rendible l'adquisició d'un reactor a l'estranger que la recerca i el desenvolupament d'un model estrictament espanyol. Malgrat això, durant els principis dels seixanta, la JEN va involucrar-se en el projecte d'un reactor espanyol d'urani natural, moderat per aigua pesada i amb refrigerant orgànic. Era el projecte DON, que va iniciar-se amb molta empenta, però que uns mesos després es va aturar.

Entre la inauguració del reactor JEN-1 i els treballs del DON, la JEN va ocupar-se de fabricar íntegrament dos reactors de recerca; un d'ells, l'objectiu d'aquest article, es va destinar a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. L'experiència obtinguda en aquesta realització va ser decisiva per engegar el projecte del reactor prototip espanyol, que mai no va arribar a veure la llum.

### 3. Del naixement de la idea a la seva realització

La idea de construir un reactor de recerca per a l'Escola de Barcelona es remunta al 1955, quan es va crear la càtedra Ferran Tallada d'enginyeria nuclear.<sup>57</sup> A la

---

utilitzant urani natural i aigua pesada, però que hi havia dos problemes: l'aigua pesada era cara i el reactor havia de ser de grans dimensions. PRESAS PUIG (1999).

<sup>54</sup> OTERO NAVASCUÉS, J. M. (1957). “Hacia una industria nuclear”, *Energía Nuclear*, núm. 3, juliol-setembre, 29.

<sup>55</sup> *Energía Nuclear*, núm. 3, juliol-setembre 1957, 5.

<sup>56</sup> El 1960, amb motiu de la visita a Alemanya d'Alejandro Suárez, director general d'Indústria, Otero comentà a Wirtz, per carta, que el primer era partidari de comprar-ho tot a l'estranger i que aquesta era també l'opinió de la majoria de les companyies elèctriques. PRESAS PUIG (1999).

<sup>57</sup> Un estudi més detallat d'aquesta càtedra pot trobar-se a BARCA SALOM, F. (2000). *La càtedra Ferran Tallada: La innovació tecnològica i la formació de l'enginyer*. II Coloquio Internacional de Geocrítica. Innovación, Desarrollo y Medio Local. Dimensiones sociales y espaciales de la

tornada de la I Conferència de Ginebra, Joaquín Ortega va proposar al director de l'Escola de començar a impartir classes adreçades tant als enginyers titulats com als alumnes dels darrers cursos que volguessin especialitzar-se en qüestions nuclears. Aleshores, seguint l'exemple de la càtedra especial Esteve Terradas creada uns mesos abans, van decidir crear-ne una dedicada a l'enginyeria nuclear, que, com l'anterior, rebés també finançament de la Cambra Oficial d'Indústria.<sup>58</sup> Les classes van començar el curs 1955-1956, amb només dos professors, Ramon Simón Arias, que es va encarregar de la introducció a l'enginyeria nuclear, i Joaquín Ortega, que es va ocupar de la teoria elemental dels reactors. En els cursos següents es van anar ampliant els continguts i es van incorporar altres professors, com Antoni Cumella, el 1956-1957. A partir del curs 1958-1959 va començar una estreta col·laboració amb la Facultat de Ciències de la Universitat de Barcelona amb la participació dels professors Jesús Tharrats, primer, i Manuel Velasco, més tard.<sup>59</sup>

No resulta gens sorprenent que si es tenia el convenciment que calia formar enginyers especialistes en energia nuclear, calia disposar de laboratoris adients equipats amb un reactor experimental. No obstant això, es va haver d'esperar al 1957 perquè es tornés a parlar d'aquesta qüestió. En aquell any, la càtedra va donar un pas endavant en la millora de la docència en organitzar un cicle de conferències, en el qual va intervenir la majoria de l'equip d'investigadors de la JEN encapçalats per Otero Navascués, i un altre cicle impartit per professors francesos, al capdavant dels quals hi figurava Thomas Reis.

### 3.1. El mecenatge de la Cambra d'Indústria

El març de 1957, la Cambra Oficial d'Indústria de Barcelona, que havia finançat les classes d'aquesta càtedra, moguda per l'interès del sector elèctric de donar resposta als increments de la demanda d'energia elèctrica, va plantejar-se d'elaborar un informe sobre les possibilitats de l'energia nuclear. Va constituir-se, a aquest efecte, una comissió formada pels representants de les companyies elèctriques que pertanyien al Ple d'aquesta institució i per professors de l'Escola d'Enginyeria Industrial. Dins la comissió es van formar dues ponències, una de caràcter econòmic, per analitzar les possibilitats d'utilització de l'energia nuclear, i l'altra de tipus tècnic, que havia d'estudiar la possibilitat de muntar un laboratori d'enginyeria nuclear.<sup>60</sup> Vuit mesos després, la Cambra va acordar el següent:

---

innovación. Barcelona, 24, 25, 26 de maig de 2000. Aquesta comunicació ha estat publicada en suport electrònic a <http://www.ub.es/geocrit/barca.htm>.

<sup>58</sup> Acta de la sessió celebrada pel ple de la Cambra el dia 30 d'abril de 1956. *Libro de Actas*, Arxiu de la Cambra de Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona, sèrie 44, vol. 1.933. 126v.

<sup>59</sup> *Programa para el curso 1955-1956. Cátedra Fernando Tallada*, Barcelona, Escuela Especial de Ingenieros Industriales, Octubre 1955. *Programa para el curso 1958-59. Cátedra Fernando Tallada*, Barcelona, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, noviembre 1958. *Programa para el curso 1959-1960. Cátedra Fernando Tallada*, Barcelona, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, octubre 1959. *Memoria correspondiente al Periodo Académico 1959-60. Cátedra Fernando Tallada de Ingeniería Nuclear*, Barcelona, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, octubre 1960.

<sup>60</sup> La ponència econòmica va estar formada per Felipe Lafita, de FECSA, Ricardo Margarit, de Catalana de Gas, Victoriano Muñoz, d'ENHER, i Manuel Taboada. La ponència tècnica la van constituir Damià Aragonés, director de l'ETSEIB, Joaquín Ortega Costa, professor de la càtedra Ferran Tallada, i Josep Capmany. "Acta de la Sesión celebrada por el Pleno de la Cámara Oficial de



*“1º Aprobar el informe sobre reactores experimentales elaborado por la Ponencia Técnica de esta Comisión y encomendar a la Mesa el estudio de la forma en que la Cámara podría contribuir económicamente a la instalación en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales del Laboratorio de Ingeniería Nuclear previsto en el mismo”.*<sup>61</sup>

El febrer de 1958, finalment, la Cambra prenia la decisió de contribuir a la construcció del reactor. Inicialment confiava que es podria finançar per diversos organismes a parts iguals i per això es van fer gestions en els ministeris d'Educació i d'Indústria i a la Diputació de Barcelona. En veure l'escàs interès d'aquests organismes, es va decidir de finançar-lo íntegrament mitjançant una aportació de 5 milions de pessetes.

### 3.2. Escollir un model de reactor

Quan la Cambra Oficial d'Indústria estudiava la instal·lació d'un reactor experimental, al món hi havia més d'un centenar de reactors en funcionament. La majoria eren d'urani enriquit i predominaven els que eren refrigerats per aigua. Els de tipus piscina i tipus tanc eren uns dels més preferits en els centres de recerca, com es dedueix de la taula 1.

De tota manera, a l'hora de triar un model de reactor per a l'Escola d'Enginyeria Industrial de Barcelona es van tenir en compte altres aspectes com, per exemple, que fos un reactor apropiat per a la docència. Així, es va pensar en tres tipus diferents de reactors: reactor homogeni, reactor piscina i reactor Argonaut.

Taula 1. Reactors experimentals amb data de criticitat anterior a 1959.<sup>62</sup>

Tipus de reactors experimentals	Nombre
Piscina, U enriquit, H <sub>2</sub> O	23
Tanc, U enriquit, H <sub>2</sub> O	24
Tanc, U enriquit, D <sub>2</sub> O	20
U natural, grafit, aire	8
U enriquit, grafit, aire	4
Homogeni aquós, U enriquit, H <sub>2</sub> O	19
Ràpid, U enriquit, aire	7
Argonaut U enriquit, grafit, aigua	3
Homogeni sòlid, U enriquit, polietilè	18

Indústria de Barcelona el 24 de abril de 1957”, *Libro de Actas*, Arxiu de la Cambra Oficial de Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona, sèrie 44, vol. 1.933, 28v.

<sup>61</sup> Acta de la sessió celebrada pel Ple de la Cambra Oficial d'Indústria de Barcelona el 23 de desembre de 1957, *Libro de Actas*, Arxiu de la Cambra Oficial de Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona, sèrie 44, vol. 1.934, 80v.

<sup>62</sup> Taula elaborada a partir de les dades del *Directory of Nuclear Reactors*, vol. X, Viena, International Atomic Energy Agency, 1976.

Com a possible model es va pensar en un reactor de tipus homogeni, similar al del State College of North Carolina. Es tractava del NCSCR-1, que havia estat el primer reactor propietat d'una universitat americana i gestionat per ella. Tenia una potència de 10 kW, utilitzava urani enriquit al 93%, era moderat i refrigerat per aigua i emprava grafit com a reflector. El NCSCR-1 havia esdevingut crític el 1954 i es va tancar l'any següent. Una segona versió d'aquest model s'havia posat en marxa el 1957 i una altra dos anys més tard.<sup>63</sup>

També s'especulava sobre la possibilitat d'un reactor piscina i es parlava del reactor PSR de la Pennsylvania State University, el qual feia servir urani enriquit i aigua i que havia esdevingut crític el 1955, o dels reactors piscina que comercialitzava l'American Machine & Foundry dels quals el primer era el BRR, instal·lat al Battelle Memorial Institut de West Jefferson (Ohio), que tenia una potència d'1 MW i utilitzava urani enriquit al 90%.<sup>64</sup> Com aquest, l'Institut Tècnic de Munic n'havia construït un altre a Garching (Alemanya) el 1957, i hi havia el projecte fer-ne d'altres de semblants a Itàlia, Grècia, Portugal, Israel i Iran.<sup>65</sup> Aquest darrer tenia com avantatge que feia servir urani enriquit només al 20%, com el que proporcionava l'Atomic Energy Commission segons els acords de col·laboració d'Espanya i els Estats Units.

El tercer tipus possible per a l'Escola de Barcelona era l'Argonaut, especialment adient per a la docència. El seu naixement cal situar-lo al voltant de 1955, quan la Atomic Energy Commission (AEC) americana va demanar al Laboratori Nacional Argonne que projectés i construís un reactor adequat per a centres de recerca i per a universitats. Poc mesos després, a Selep, el grup de treball format principalment per D. H. Lennox, R. H. Armstrong, F. Bewersdorf, B. I. Spinrad, C. N. Kelber i W. H. Kolb en van crear un d'aquestes característiques, que va esdevenir crític a finals de 1956 i que fou batejat amb el nom d'Argonaut I, com un acrònim de *Argonne's Nuclear Assembly for University Training*.<sup>66</sup>

Un model de reactor Argonaut el comercialitzava la companyia American Standard. Es tractava de l'UTR-1, situat a Mountain View (Califòrnia) i d'1 W de potència. Com aquest, se n'estaven construint dos més de potència 10 kW, un per al Virginia Polytechnic Institut i l'altre per a la Iowa State University. Tots aquests reactors utilitzaven urani enriquit com a combustible, grafit com a moderador i aigua com a refrigerant.<sup>67</sup>

<sup>63</sup> El NCSCR-2 va esdevenir crític el maig de 1957 i es va tancar el desembre de 1958. El va substituir el NCSCR-4, que va arribar a la seva criticitat l'abril de 1959.

<sup>64</sup> FERNÁNDEZ PALOMERO, Carlos; ÁLVAREZ DEL BUERGO, Luis; SOSTOA ESQUIROZ, Fernando (1959). "Descripción y coste de construcción en España de un reactor tipo Argonaut", *Energía Nuclear*, núm. 10, abril-juny, 18-37.

<sup>65</sup> Es tracta dels reactors Avogadro (ARSI), que la Societ  Richerche Impianti Nucleari va instal·lar a Sallugia (Mil ), que va esdevenir cr ic el 1959; l'IRR-1, situat a Nahal Soreq (Israel), i cr ic el 1960; el reactor Democritus (GRR), instal·lat al Democritus Nuclear Centre d'Atenes i cr ic el 1961; el reactor portugu s JEN (RPI), situat a Lisboa i cr ic el 1961, i el reactor UTRR de la Universitat de Teheran (Amirabad), a Iran, cr ic el 1967.

<sup>66</sup> ARMSTRONG, R.H.; KELBER, C.N. (1957). "Argonaut-Argonne's Reactor for University Training", *Nucleonics*, vol. 5, n m. 3, mar , 62-65.

<sup>67</sup> Es tractava dels VPI-UTR-10 i del ISU-UTR-10, que van ser cr ics el 1959.

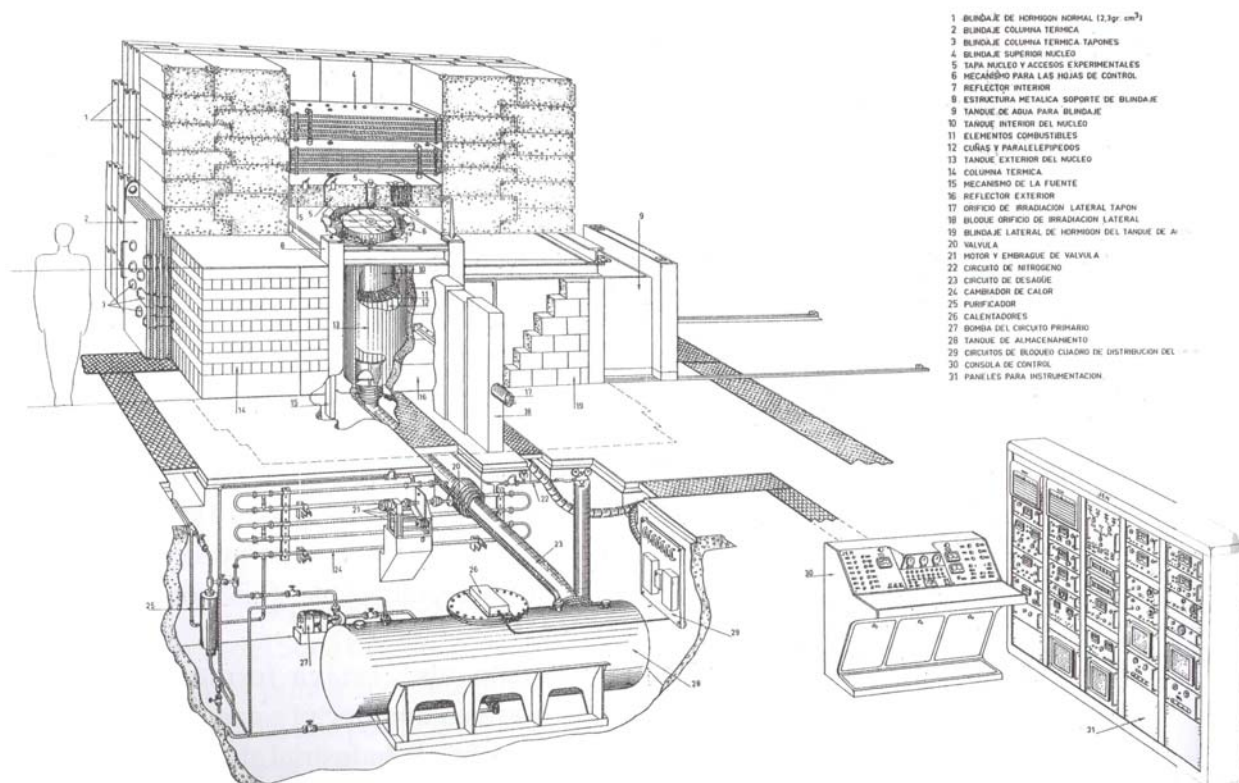


Figura 1.—Perspectiva del conjunto del reactor.

Fig. 2.- Visió de conjunt i denominació de cada una de les seves parts del Reactor Argos (font: *Energia Nuclear*, núm. 21, gener-març 1962,7)

La ponència de la Cambra, que, com hem vist, estava formada majoritàriament per professors de l'Escola, pensava en un principi a adquirir un d'aquests models i instal·lar-lo en els locals de l'Escola Industrial al carrer Urgell de Barcelona. Per aquest motiu es van mantenir diversos contactes amb empreses que comercialitzaven algun d'aquest reactors i, fins i tot, algun conjunt sotsocrític.

Aquesta és la raó per la qual Francis Cambou, cap de treballs de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, va enviar a Damià Aragonés un article aparegut a la *Revue l'Age Nucleaire* on es parlava de l'*uranie*, que, si bé no era exactament un reactor sinó un conjunt sotsocrític, resultava molt útil per a la docència.<sup>68</sup> Damià Aragonés li ho va agrair i li va demanar que el tingués al corrent de les dades sobre els preus perquè li servien d'ajuda per prendre una decisió sobre la seva adquisició per a l'Escola.<sup>69</sup>

Tanmateix, sembla que les relacions més serioses les van establir amb R. Charcusset, de l'Idéal Standard, a París, per veure si adquirien un reactor UTR-10, segons el que es desprèn d'una carta que Aragonés va enviar a Charcusset el 12 d'abril de 1960 per demanar-li que li remetés un exemplar del *Sample Hazards Summary Report*, i en la qual es disculpava per no haver comprat aquest reactor com havien tractat en altres ocasions.

*“Je vous écris a fin de vous informer que finalement nous avons dû accepter la proposition de notre «Junta de Energía Nuclear» en ce qui concerne la construction, pour notre compte, du Réacteur Argonaut; sur lequel nous avons traité tant de temps avec le désir d'importer un UTR-10.”*<sup>70</sup>

L'estiu de 1958, mentre encara s'havia d'escollir un reactor, va tenir lloc a Ginebra la II Conferència Internacional per a les aplicacions pacífiques de l'energia nuclear. Joaquín Ortega hi va anar en representació de l'Escola i hi va poder veure l'Argonaut III, reactor que havia s'havia construït especialment per exhibir en aquell congrés. Aquesta visita va ser decisiva per escollir el model de reactor per a Barcelona. No es triaria un model similar al que disposava la JEN, per la qual cosa es descartava el reactor tipus piscina. La decisió estava entre el reactor homogeni i l'Argonaut:

*“Quedaban por examinar los otros dos: el reactor homogéneo ofrece ciertas ventajas: menor cantidad de combustible, 1,3 kg de U<sup>235</sup> al 20%, menor coste y muy buenas características de regulación. En cambio, presenta el inconveniente de sus escasas posibilidades de ensayo al tener un hogar de dimensiones reducidas.*

<sup>68</sup> L'*uranie* no requeria dispositius de control, ja que el nombre de neutrons que es produïa en cada reacció era inferior a l'anterior de manera que finalment acabava en un cert equilibri. El fet que no produís pràcticament energia feia innecessari un sistema d'evacuació de calor. Aparells similars s'havien construït el 1955 per Borst i Jordan i, el 1958, per McDaniel i Elliot. BERNARD, Michel-Yves; BOUCHICOT, Alexis; CAMBOU, Francis (1958). “Uranie, Réseau multiplicateur sous-critique destiné a l'enseignement”, *Revue L'Age Nucleaire*, núm. 13, novembre-desembre.

<sup>69</sup> D'Aragonés a F. Cambou. Barcelona, 28 d'octubre de 1958. Comissió del Reactor, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>70</sup> D'Aragonés a R. Charcusset. Barcelona, 12 d'abril de 1960. Reactor Nuclear, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

*[...] Con tales características parecía aconsejable decidir la elección en favor del Argonaut".<sup>71</sup>*

Finalment es va escollir, per a l'Escola de Barcelona, el reactor Argonaut. En la decisió van jugar-hi diversos factors: les aplicacions docents del model, la seva versatilitat per a la recerca i, sobretot, la seva seguretat, ja que es pensava instal·lar en una zona urbana.

No va ser fins al desembre de 1958 que no es va tornar a reunir la ponència que estudiava l'adquisició del reactor. En aquesta reunió van acordar no acceptar cap de les ofertes, ja que la Junta d'Energia Nuclear havia decidit que el reactor s'havia de construir a Espanya i que no estava disposada a autoritzar-ne cap que no fos adquirit o construït d'una altra manera. L'acta d'aquesta reunió dona compte que l'Escola d'Enginyeria Industrial de Bilbao havia establert un principi d'acord amb la JEN i que semblava que havia obtingut un ajut en divises americanes per construir un reactor. Per això, la ponència va prendre la decisió que Josep Capmany i Arbat anés a Madrid per fer gestions a la representació econòmica americana i per intentar estrènyer els llaços amb la JEN.<sup>72</sup>

### 3.3. El desbloqueig de les negociacions

La decisió de la JEN de construir el reactor íntegrament a Espanya era perfectament coherent amb la seva política de nacionalització de la indústria nuclear. Era l'oportunitat ideal per demostrar que s'estava en condicions de construir íntegrament un reactor. Però, per a la Cambra i per a l'Escola, la solució més ràpida i més eficaç era adquirir-lo a l'estranger aprofitant, si era possible, el conveni bilateral entre Espanya i els Estats Units.

Totes aquestes raons van motivar el viatge de Josep Capmany a Madrid el desembre de 1958. Allí es va entrevistar amb John Robinson, cap de la International Cooperation Administration, organisme que depenia de l'Ambaixada dels EUA, i va poder comprovar que les expectatives no eren favorables i que els americans no estaven disposats a finançar un altre reactor, ja que el seu ajut ja s'havia complert amb el reactor JEN-1. Si no era possible l'ajut americà i no havia manera d'importar un reactor sense l'autorització de la JEN, no quedaven moltes opcions:

*"En suma, es una carrera de obstáculos la que se nos presenta y creo precisa reconsideraciones si cabe otro camino que el de entregarnos a la Junta de Energía Nuclear, concretando si efectivamente entra en sus planes el que existan en España varios reactores experimentales."<sup>73</sup>*

---

<sup>71</sup> Discurs llegit pel director de l'Escola en l'acte d'inauguració del reactor l'11 de juny de 1962. Muntatge i inauguració, Caixes Ferran Tallada, Arxiu Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>72</sup> Acta núm.2 de la Comisión Técnica de Energía Nuclear de la Cámara Oficial de Industria. 15 de desembre de 1958. Comissió Tècnica, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>73</sup> De Capmany a Aragonés. Madrid, 30 de desembre de 1958. Reactor Nuclear, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

Davant la situació i amb la temença que l'Escola de Bilbao s'avançaria, a principis de 1959, Joaquín Ortega Costa i Ramon Simón Arias, tots dos professors de la càtedra Ferran Tallada, van desplaçar-se a la JEN per parlar amb Sánchez del Río i Otero Navascués. La visita tenia un objectiu aparentment diferent: tractar sobre les pràctiques que havia d'impartir la Càtedra Ferran Tallada. Però, realment, el que pretenien era desbloquejar la construcció del reactor.<sup>74</sup>

El resultat de la visita fou molt positiu, ja que es va acordar de construir un reactor del tipus Argonaut a Madrid i, quan estigués acabat, traslladar-lo a Barcelona. La Junta es comprometia a aportar el treball i l'experiència i renunciava a qualsevol tipus de benefici econòmic, i la Cambra Oficial d'Indústria de Barcelona finançava els materials i les despeses de fabricació.

Per construir aquest reactor, l'Escola va haver de designar un enginyer delegat i es va triar un enginyer jove: José Javier Clua Domínguez,<sup>75</sup> qui va rebre una beca finançada també per la Cambra. Clua va mantenir amb el director de l'Escola, Damià Aragonés, una llarga i detallada correspondència des del seu trasllat a la JEN fins que el reactor es va instal·lar definitivament a Barcelona. Tot aquest conjunt de cartes i informes permeten descobrir els entrebancs i les vicissituds que es van anar succeint des de la decisió de construir el reactor fins que es va instal·lar a Barcelona.

#### **4. Temors, desconfiances i incerteses en el procés de construcció**

Totes les parts del reactor Argonaut es podien construir a Espanya llevat del grafit i de l'urani enriquit. Tant un com l'altre es van haver d'importar. Ara bé, es va fer tot el possible per minimitzar aquest efecte. Així, el grafit es va importar en brut i es va mecanitzar per primer cop a Espanya, i, també per primera vegada a la història dels EUA, es va cedir l'urani enriquit en forma d'hexafluorur en lloc de fer-ho en la manera habitual, com a òxid.

##### **4.1. La importació del grafit**

La importació del grafit fou la primera ocupació de José Javier Clua a Madrid. Es tractava d'estudiar la millor manera d'importar aquest producte. En aquells mesos havia aparegut en el Butlletí Oficial de l'Estat una llista de productes liberalitzats com una més de les mesures del Pla d'estabilització. En aquesta llista figurava el grafit en escates i uns aparells de control i mesura per a la indústria nuclear. Com que no deia res explícit sobre el grafit per a usos nuclears, Clua, Sánchez del Río i Otero Navascués van pensar en tres possibilitats: 1) Camuflar el grafit com a instrumentació liberalitzada i anomenar-lo moderador de carboni 12 per a neutrons. 2) Incloure'l com a elèctrodes de grafit. 3) Demanar llicència d'importació per

<sup>74</sup> *Visita de los Sres. Ortega y Simón a la Junta de Energía Nuclear.* Comissió Tècnica, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>75</sup> José Javier Clua Domínguez tenia 26 anys i havia fet els estudis d'Enginyeria Industrial a l'Escola de Barcelona fins a sisè curs, en què s'havia traslladat a l'Escola de Madrid per dur a terme els exercicis de la revàlida i el projecte. Mentre estudiava quart curs, a Barcelona, va participar en el curs d'enginyeria nuclear que impartia la càtedra Ferran Tallada, i l'any següent va col·laborar com a becari en l'organització del curs que cada any impartia aquesta càtedra especial. *Currículum Vitae.* Barcelona, 30 de maig de 1959. Laboratori d'Enginyeria Nuclear, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

conveni bilateral. De les tres opcions, la segona semblava la més interessant perquè els elèctrodes de grafit havien estat liberalitzats. Però calia tenir els mitjans econòmics per iniciar el procés. Aleshores es va consultar el director de l'Escola, qui va manifestar-se a favor de tirar endavant la iniciativa, ja que podia aportar la quantitat necessària per fer front a aquesta despesa inicial. Aquest fou el tret de sortida de la construcció del reactor.<sup>76</sup>

El setembre de 1959, els tràmits de la importació del grafit semblaven desbloquejar-se, ja que el director de Comerç Exterior, Gregorio López Bravo, va fer-los saber que no posaria cap entrebanc perquè s'importessin per la primera opció.<sup>77</sup> Però Clua no ho veia massa clar i desconfiava que s'adoptés aquesta solució, per això li feia saber a Damià Aragonés que li semblava que al final caldria importar-lo per la via més desfavorable, és a dir, per conveni bilateral. Efectivament, el novembre de 1959, el Ministeri de Comerç denegava el permís d'importació com a producte liberalitzat i Clua va haver d'agilitar el procés per la via del conveni entre Espanya i Alemanya.<sup>78</sup>

## 4.2. La mecanització del grafit

Estava clar que el grafit s'havia de comprar a l'estranger, però no estava decidit si s'hauria d'importar en brut o mecanitzat.<sup>79</sup> Aquest procediment consistia a tallar les peces d'aquest material i donar-li les formes adequades, de manera que s'adaptessin als espais que tenien destinats en el reactor per fer de reflector interior, de reflector exterior i de columna tèrmica. Era imprescindible que els blocs s'ajustessin a la perfecció i, a més, s'havia de practicar alguns orificis en alguns blocs per poder-hi instal·lar les plaques de control, algunes mostres irradiades o els sistemes de detecció.

La mecanització era un treball de precisió i la fer-la requeria unes maquinàries específiques que la JEN no tenia. A més, s'havia de procurar que el grafit no es contaminés amb impureses que, en ser activades pels neutrons, el fessin inservible per al reactor. Cal tenir en compte que el grafit s'utilitza com a moderador i reflector per les seves propietats nuclears. En concret, perquè té una baixa secció eficaç de captura de neutrons la qual es veu incrementada per l'existència de les impureses.<sup>80</sup>

<sup>76</sup> Clua a Aragonés. Madrid, 30 de juliol de 1959. Correspondència Clua. *Nota del Sr. Clua a D. Damián Aragonés, sobre el Laboratorio de Energía Nuclear*. Madrid, 9 de setembre de 1959. Laboratori d'Enginyeria Nuclear, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>77</sup> *Nota del Sr. Clua para el Sr. Aragonés*. Madrid, 30 de setembre de 1959. Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>78</sup> *Nota del Sr. Clua al Sr. Aragonés*. Madrid, 21 d'octubre de 1959. *Costes de un Reactor Argonaut*. Madrid, 18 de novembre de 1959. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>79</sup> El grafit és carbó cristal·litzat en el sistema hexagonal amb simetria romboèdrica i es troba en estat natural en alguns jaciments de Madagascar, Sibèria i Ceilan. Tanmateix, des de 1897 se sabia fabricar-lo de manera artificial en forn elèctric a partir de carbur de silici i, més tard, a partir de coc de petroli. MÉNDEZ PEÑALOSA, Rodrigo; ORTIZ DE LA TORRE, Jaime L.; OTERO DE LA GÁNDARA, José L. (1960). "Grafito para reactores", *Energía Nuclear*, juliol-setembre, 44 - 62.

<sup>80</sup> La secció eficaç microscòpica de captura és el valor en  $\text{cm}^2$  numèricament igual a la probabilitat de captura de neutrons. També es parla de secció eficaç macroscòpica al producte de l'anterior pel

De tots els elements, el liti, el bor i les terres rares eren els més dolents, ja que augmentaven encara més la probabilitat de captura.

Els informes preparats per Clua posaven de manifest que resultava econòmicament avantatjós mecanitzar-lo a Espanya. El problema era d'inseguretat, ja que la JEN mai no havia fet una operació similar.<sup>81</sup> Per això, l'empresa alemanya amb la qual havien fet tractes de compra del grafit, va suggerir-los de fer un viatge per veure personalment el procés i aleshores prendre la decisió amb més coneixement de causa.

El viatge va tenir lloc del 10 al 20 de desembre de 1959. Hi van anar Clua, Álvarez del Buergo i Simón Arias, i va constar de cinc etapes diferents. Primer, van visitar la fàbrica de la Siemens Plania a Meitingen, prop d'Augsburg. Després, van anar a veure el reactor Argonaut de la Siemens a Garching, prop de Munic, l'empresa Degussa, on s'havien fabricat els elements combustibles per a aquest reactor, i la factoria de la Siemens Halske, a Karlsruhe, per veure els instruments de control i maniobra per a reactors. A més, van adquirir alguns mecanismes que els resultaven necessaris.<sup>82</sup>

A Meitingen van poder observar com es mecanitzava el grafit i van poder comprovar que en aquest treball s'utilitzaven les mateixes eines que en el metall, és a dir, fresadores amb útil de widia. Van aprendre que calia adoptar unes mesures de precaució molt acurades pel que feia a les eines i als treballadors, ja que s'havien de canviar de roba a l'entrada i a la sortida, tenien prohibit fumar i s'havien rentar la roba amb detergents que no tinguessin bor.

D'Alemanya van tornar amb tres mostres de grafit per fer-hi proves i el resultat d'aquestes fou tan positiu que van decidir realitzar la mecanització a la JEN. Clua ho explicava així a Damià Aragonès:

*"Con las tres muestras de grafito que nos trajimos (bruto, serrado y caras en diversa fase de acabado, y acabado) se han hecho pruebas satisfactorias. El grado de acabado y tolerancias conseguidas son muy superiores a las del grafito del Argonaut americano, y aún al del Swimming Pool (General Electric) de la JEN. He desmontado el orificio de irradiación de la columna térmica para verlo por mí mismo. En cuanto a los métodos se combinarán un cepillo puente para planear todas las caras largas con una pequeña fresadora para refrentar los extremos. Las piezas de gran curvatura se ejecutarán con la fresadora universal grande, y el taladro y una tronzadora complementarán el equipo. Los tiempos se están calculando ahora".*<sup>83</sup>

---

nombre d'àtoms per  $\text{cm}^3$ . La secció eficaç macroscòpica d'absorció de neutrons és igual a la suma de la secció eficaç del carbó més la secció eficaç de les impureses.

<sup>81</sup> *Costes de un Reactor Argonaut*. Madrid, 18 de novembre de 1959. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>82</sup> Es van endur de tornada uns embragatges electromagnètics per col·locar-los a les barres de control i a la vàlvula de papallona. Clua a Aragonés, *Nota. Asunto: Grafito Argonaut*. Madrid, 15 de gener de 1960. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>83</sup> Clua a Aragonés. *Nota. Asunto: Grafito Argonaut*. Madrid, 15 de gener de 1960. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.



La mecanització del grafit va tenir lloc des de finals de gener de 1960, quan van arribar les primeres tones de grafit, fins a final d'aquell any, en què es va acabar la columna tèrmica. Miquel Masriera, en un article aparegut a *La Vanguardia* el 1961, explicava algunes anècdotes que havien tingut lloc en aquest procés:

*“El técnico sabe esto muy bien, pero al lego le darán una idea de las precauciones de quirófano que hay que tomar, tanto en las operaciones mecánicas como en las químicas, dos anécdotas ocurridas en Madrid, de las que es protagonista el citado boro: una vez parece que las cosas no iban muy bien, pues había síntomas de contaminación; después de buscar mucho la causa se dio con ella: era simplemente que alguno de los técnicos utilizaba perborato como dentífrico, lo que bastaba para contaminar el aire al respirar. Hubo que obligar a todos los técnicos al uso de otros dentífricos. Hasta el jabón con que se lavaban las prendas de los operadores fue una dificultad, pues resultó que la mayoría de jabones corrientes contiene demasiado boro. Después de penosas rebuscas se dio con uno nacional que contiene menos de la millonésima.*

*Una dificultad enorme ha sido el tallado del grafito. Dará una idea de ello el que las máquinas han tenido que funcionar sin engrase, pues cualquier lubricante lo contamina con azufre. Así, las máquinas se engrasaban, sí, pero después del trabajo, para que no se oxidasen; y antes de hacerlas funcionar se les quitaba la grasa cuidadosamente con tricloroetileno. No me negarán ustedes que esto parece un sueño de pesadilla de un mecánico”.*<sup>84</sup>

Els objectius de la JEN de realitzar la major part de les operacions a Espanya s'anaven acomplint. El grafit es comprava a l'estranger, però es mecanitzava en el país, i així se superaven incerteses i s'incorporava l'experiència en l'actiu de la Junta, experiència que es podia utilitzar en properes realitzacions.

#### 4.3. La importació de l'urani enriquit

L'urani enriquit s'havia d'importar dels Estats Units. De fet, ni tan sols es podia comprar, sinó que aquell país el llogava. Ara bé, tot i això, aquí també hi hagué el reflex de la política de nacionalització que duia a terme la JEN. L'urani es va adquirir en forma d'hexafluorur d'urani en lloc d'importar-lo com a òxid i després es va transformar en una planta construïda a aquest efecte al Centre de Recerca de la Moncloa.

La JEN va començar a fer assaigs de conversió d'hexafluorur en òxid des de setembre de 1959, uns mesos abans de negociar amb l'Atomic Energy Commission el lloguer de l'urani. Però en els primers mesos, el procés els resultava tan difícil que els informes recollien com a solució més viable l'adquisició d'urani en forma d'òxid.<sup>85</sup> En aquest estat de la qüestió van començar les negociacions a finals de 1959. Fou un procés lent i ple de desconfiances. Els EUA tenien recels ja que era el primer cop que lliuraven a un país estranger l'urani en aquesta fase de

<sup>84</sup> MASRIERA, Miquel (1961). “La primera pila atòmica barcelonesa. El Reactor de la Escuela de Ingenieros Industriales”, *La Vanguardia Española*, 19 de juliol, 9.

<sup>85</sup> *Nota del Sr. Clua para el Sr. Aragonés*. Madrid, 30 de setembre de 1959. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

transformació i volien tenir garanties que es realitzava correctament. El febrer de 1960, la JEN va aconseguir resoldre les dificultats tècniques i llavors la decisió semblava prou clara. S'havia d'aconseguir l'urani en forma d'hexafluorur. La reducció del preu que suposava obtenir-lo en aquesta fase i la suposada amortització de les instal·lacions permetien justificar econòmicament la decisió. Evidentment, darrere d'aquest plantejament hi havia un gran interès per part de la JEN en aprendre un nou mètode que l'acostés al seus objectius d'abastar tots els camps de l'energia nuclear.<sup>86</sup>

Fins l'agost de 1960 no es va autoritzar l'enviament de l'hexafluorur degut a un altre recel americà, que consistia en què s'havia demanat un 60% més de l'urani necessari per al reactor adduint precaució per baix rendiment de la transformació.<sup>87</sup>

#### 4.4. Fabricació dels elements de combustible

L'urani, un cop importat, havia de convertir-se en elements de combustible. La Junta va abordar aquest treball, car i complicat, amb la perspectiva que els servís com un exercici de preparació per a la producció posterior d'elements de combustible adreçats a prototips.

L'element de combustible del reactor Argonaut estava compost per un conjunt de disset plaques unides per un passador.<sup>88</sup> Aquestes plaques estaven revestides d'alumini i, a la part central, s'hi trobava un nucli d'urani en forma de biòxid en una dispersió d'alumini.

La fabricació dels elements de combustible del reactor Argonaut es va realitzar íntegrament a Espanya durant els mesos de juliol i agost de 1961. Fou el final del procés de recerca i desenvolupament que es va iniciar el 1959, i va comportar la selecció de materials i l'estudi de les diferents maneres d'elaboració de les plaques.

Per fabricar les plaques es van especular tres possibilitats: Per colada i laminació, per les tècniques d'emmarcació i per extrusió.<sup>89</sup> Els tres procediments es van assajar durant el període de recerca. El tercer d'aquests mètodes es va provar a Barcelona aprofitant que l'empresa Metales y Platerías Ribera va cedir desinteressadament la maquinària i els locals per fer-hi les proves. No obstant això, el mètode que finalment es va triar no fou aquest, sinó el d'emmarcació.

<sup>86</sup> *Nota del Sr. Clua para el Sr. Aragonés. Asunto: carga de combustible. Madrid, 23 de febrer de 1960. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.*

<sup>87</sup> *Nota del Sr. Clua al Sr. Aragonés. Informe sobre el estado actual del reactor Argonaut. Barcelona, 7 de juliol de 1960. Clua a Aragonés. Barcelona, 2 d'agost de 1960. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.*

<sup>88</sup> Les dimensions de cada placa eren 580 x 70 x 1,8 mm.

<sup>89</sup> El procediment d'extrusió era el que s'emprava en els altres reactor d'aquest tipus fabricats als Estats Units, i comportava que la placa quedés oberta pels extrems. El recobriment per colada consistia a situar la pastilla d'urani entremig de les dues plaques i deixar lliscar alumini fos entre les obertures que hi quedaven. Finalment, el mètode d'emmarcació es basava a situar el nucli d'urani dins un marc preparat amb anterioritat i recobrir el conjunt per unes planxes laterals, que es laminarien posteriorment fins a obtenir la placa de les dimensions desitjades. LÓPEZ RODRÍGUEZ, M. (1962). "Etapa de investigación y desarrollo en la fabricación de los elementos de combustible para los reactores Argos I y II", *Energía Nuclear*, núm. 21, gener-març, 87-94. BERGUA, H.; FORNES, A.; GERBOLÉS, G.; REDONDO, J.; DE LAS RIVAS, A. (1962). "Fabricación de los elementos combustibles del reactor «Argos» I y II", *Energía Nuclear*, núm. 21, gener-març, 95-104.

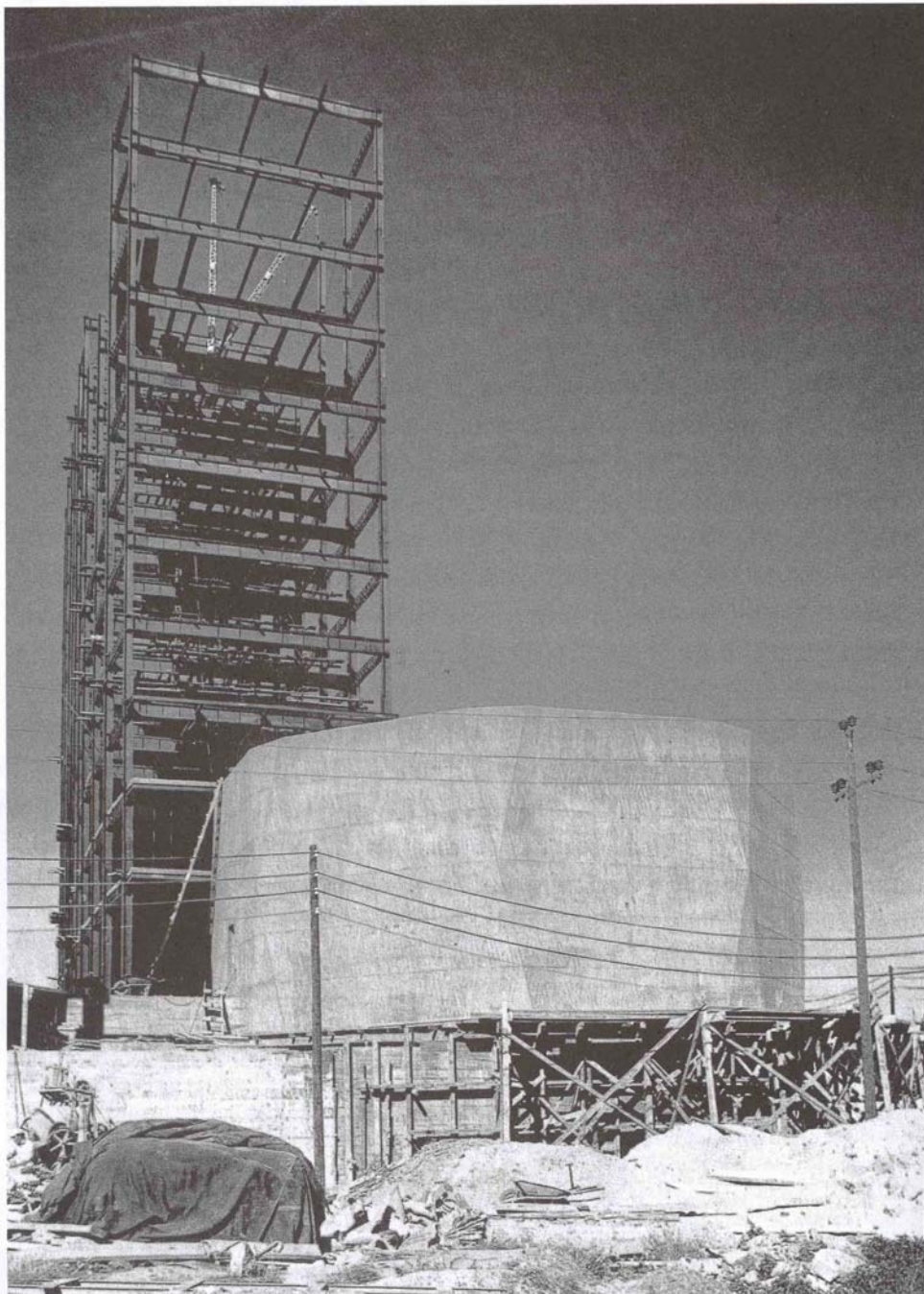


Fig. 3.- Edifici de contenció del Reactor Argos. Al darrere es pot veure l'edifici en construcció de l'Escola tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona. (font: Robert Terradas i Via (2000), Barcelona, Col·legi d'Arquitectes de Catalunya)

El 23 de febrer de 1960, Clua transmetia a Aragonés la satisfacció pels bons resultats aconseguits en les plaques obtingudes durant l'etapa de recerca i les comparava amb les que havia vist a Alemanya durant el viatge que havia fet uns mesos abans.<sup>90</sup>

Tots aquests processos es van fer en unes instal·lacions construïdes exclusivament per a aquest propòsit<sup>91</sup> i on les mesures de seguretat van obligar a tancar les operacions dins de caixes de guants i a establir constants mesures de control de criticitat i de protecció. Un cop l'element de combustible va estar acabat, o de vegades durant el procés de fabricació, va caldre establir un control de qualitat, que comportava, entre d'altres proves, una sèrie de radiografies de les plaques.<sup>92</sup>

## 5. Argos i Arbi: dos bessons que no van néixer allora

A principi de 1959, quan a Barcelona es va decidir d'acceptar les condicions imposades per la JEN per a la construcció del reactor Argonaut, semblava que l'Escola d'Enginyeria Industrial de Bilbao anava per davant en la realització del seu reactor. Però no era així. Era cert que s'havia fet un avantprojecte, però la decisió encara no s'havia pres perquè no s'havien resolt els problemes de finançament.

Al final de l'any, el projecte del reactor de Bilbao restava aturat, mentre que el de Barcelona avançava a bon ritme. Conscients d'aquesta situació, la direcció de l'Escola de Bilbao va enviar Francisco Albisu<sup>93</sup> a la JEN per explorar i temptejar la situació i recollir informació sobre el que s'hi feia respecte al reactor de Barcelona.

La situació es va perllongar fins al febrer de 1960, amb contactes mutus entre l'Escola de Bilbao i la Junta. El resultat de totes les converses va ser que, a finals d'estiu de 1960, es va acordar iniciar les obres del reactor de Bilbao aprofitant l'experiència del que s'estava construint per a Barcelona, però garantint que aquest seria el primer.

El setembre de 1960, les obres de tots dos reactors ja estaven en marxa i l'estat avançat del de Barcelona va fer plantejar-se quin hauria de ser el nom dels dos reactors. Hi havia diverses opcions, per això la JEN van pensar de buscar unes sigles o algun nom mitològic. La primera sigla que se'ls va ocórrer era la que recollia

<sup>90</sup> "El procedimiento de laminación ha dado resultados tan satisfactorios que pueden compararse las placas aquí obtenidas con las de Degussa en Alemania". Nota de Sr. Clua a Sr. Aragonés. Asunto: carga de combustible. Madrid, 23 de febrer de 1960. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>91</sup> També es va desenvolupar un tipus molí mesclador on el producte (urani i alumini) era sotmès a un doble moviment de cascada i vaivé. I les pastilles del reactor de Barcelona es van embolicar amb un full d'alumini, cosa que es va suprimir en el reactor de Bilbao. DÍAZ DÍAZ, Jacobo; MAROTO MUÑOZ, José (1962). "Instalaciones para la fabricación de elementos combustibles de los reactores Argos I y II", *Energía Nuclear*, núm. 21, gener-març, 105-112.

<sup>92</sup> CERROLAZA ASENJO, José Ángel; MARÍN GARCÍA, Antonio (1962). "Inspección durante la fabricación de los elementos combustibles de los reactores Argos I y II", *Energía Nuclear*, núm. 21, gener-març, 113-122.

<sup>93</sup> Francisco Albisu era enginyer industrial per l'Escola de Bilbao i s'havia format en enginyeria nuclear en el MIT dels Estats Units. A més, havia seguit el primer curs d'introducció sobre enginyeria nuclear que va organitzar la JEN el 1956. Posteriorment, fou el primer catedràtic d'enginyeria nuclear d'Espanya, com em va confirmar en conversa telefònica mantinguda el 10 de febrer de 1998. ALBISU, Francisco (1997). "SENER: La vida después de los cuarenta", *Nuclear España. Revista de la Sociedad Nuclear Española*, maig, 30-31.

el tipus de reactor i el lloc on estava situat: *Argonaut. Reactor Escuela Ingenieros Barcelona, Bilbao*. Així van sorgir AREIBA i AREIBI. No obstant això, es van rebutjar perquè eren paraules que sonaven massa a la llengua basca.<sup>94</sup>

Aleshores calia buscar el nom entre la darrera opció: un nom mitològic. No era gaire difícil la recerca, només calia recórrer a l'aventura grega dels argonautes. Aquesta llegenda, anterior a l'Odissea, relata l'epopeia que havien viscut Jàson i quaranta cinc companys més en un vaixell que va construir Argos. Aquesta nau era la primera que travessava els mars a la recerca del velló d'or. L'aventura dels Argonautes va partir de Tessàlia i va arribar a Còlquida, ciutat on residia el rei que posseïa el preuat velló. Després de dures proves, Jàson aconseguí el que cercava i va tornar al seu país. En la seva aventura el van acompanyar dos germans bessons: Càstor i Polux.

En la tria del nom pel reactor calia descartar el de Jàson, ja que era el nom d'un reactor similar que hi havia a Anglaterra. La proposta, en un principi, va ser la dels germans bessons:

*“De momento pues Cástor y Polux se llama en la JEN los dos Argonautas gemelos y todos esperan gozosos el momento del bautizo de Cástor por la Sra. o la Srta. Aragonés”.*<sup>95</sup>

Clua proposava com a segona opció de posar-li Argos, que havia estat el constructor del vaixell dels argonautes, en el cas que l'Escola de Bilbao no acceptés la primera proposta. I, Argos va ser finalment el nom que se li va donar al reactor de Barcelona, ja que a Bilbao van preferir de mantenir les sigles i anomenar-lo Arbi.

No es va tornar a parlar més sobre quin havia de ser el reactor que s'inaugurés primer, fins al 1962. Aleshores, retards en les obres del nou edifici de l'Escola de Barcelona, desacords sobre la manera d'efectuar el trasllat i sobre la col·locació del paviment van produir un endarreriment de tres setmanes. L'Escola de Bilbao, en canvi, tenia les obres de l'edifici enllestides i feia pressió a Otero Navascués perquè procedís a la instal·lació del reactor de Bilbao abans que el de Barcelona.

Clua i Aragonés, veient que la situació era crítica i que perillava que el “seu” reactor fos el primer, van escriure a Otero un llarg informe on donaven les raons per les quals consideraven que el reactor de Barcelona havia de ser el primer d'inaugurar-se. Aquestes argumentacions es basaven en què la decisió de construir-lo havia estat anterior, que s'havien acceptat les condicions de pagament sense replicar, que s'havia col·laborat amb l'enviament de personal per a la construcció i que totes les dificultats de fabricació havien estat resoltes amb el primer reactor, que era el de Barcelona. En conseqüència, el reactor de Bilbao es podia considerar com un duplicat del que s'havia construït per a Barcelona.

La resposta d'Otero va ser favorable a mantenir la primacia del reactor de Barcelona a canvi que la proposta de trasllat del reactor es fes seguint els criteris marcats per la JEN, i va aprofitar l'avinentesa per fer un advertiment i fixar una data

<sup>94</sup> “*Siglas como las propuestas hasta ahora son inaceptables [...] además suenan demasiado a Vasco.*” Clua a Aragonés. Madrid, 15 de setembre de 1960. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>95</sup> Clua a Aragonés. Madrid, 15 de setembre de 1960. Correspondència Clua, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.



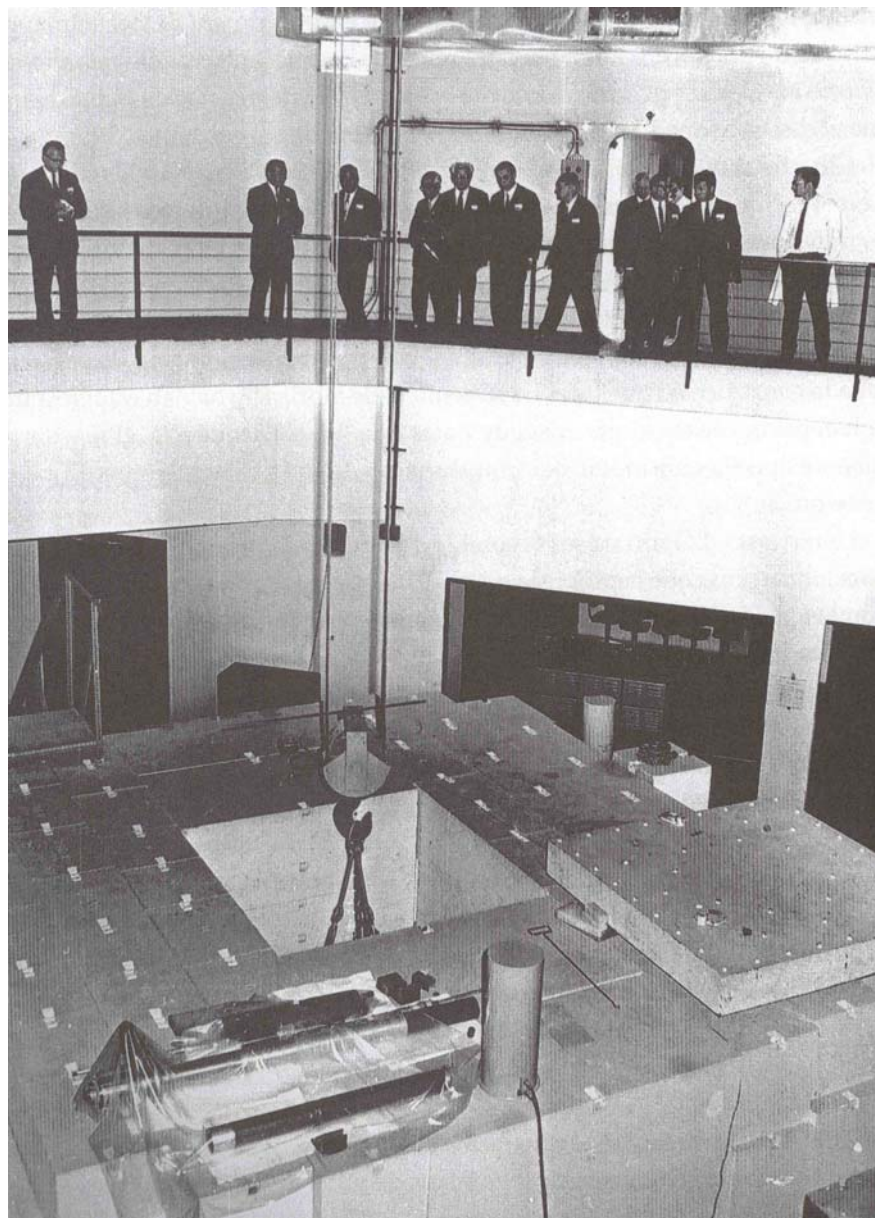


Fig. 4.- Vista del reactor des de la barana, durant una visita que va tenir lloc el 1968. (Arxiu ETSEIB)

límit, passada la qual iniciaria els treballs del reactor de Bilbao, encara que el de Barcelona no estigués instal·lat:

*“Dada nuestra situación delicada con Bilbao, nuestro equipo no saldrá hasta que Vd. me escriba diciendo que estos requisitos que, por otra parte, habían sido aceptados por Vd. hace varios meses, se han cumplido. Uno de estos días, empezaremos las pruebas oficiales del reactor de Bilbao, que duraran aproximadamente hasta el 15 de mayo, fecha que consideramos la última «deadline» para con Vds. en el sentido de que aún sintiéndolo muchísimo, si el 15 de mayo no se puede empezar a trabajar en Barcelona, el equipo nuestro irá a montar el reactor de Bilbao, puesto que no hay ninguna razón para entretener a estos señores pasadas las pruebas de su reactor”.*<sup>96</sup>

Finalment, el reactor Argos, que s'havia construït a Madrid i havia esdevingut crític en aquesta ciutat a finals de juliol de 1961, es va traslladar a Barcelona el maig de 1962. Els muntatge es va fer en un temps rècord de quinze dies, i després de la inauguració es va tancar fins al febrer de 1963, any en què va obtenir l'autorització provisional. No li va passar el mateix al seu bessó Arbi, que va funcionar des del moment en què fou instal·lat, pocs dies després del de Barcelona. Les raons dels endarreriments del reactor Argos es devien, primer, a què faltava l'informe de seguretat i, segon, a què els pressupostos per acabar les obres de la nova Escola estaven aturats.

## 6. Epíleg

Després d'haver acabat els reactors Argos i Arbi, la Junta d'Energia Nuclear va reprendre de manera decidida l'objectiu de fer un prototip. Es tractava de fer un projecte que havia començat a considerar-se poc després de fer el reactor JEN-1, però que no havia passat de la fase d'estudi. Superar aquest estadi i passar a la recerca i desenvolupament requeria disposar de reactors de proves per assajar-hi els elements combustibles. En bona mesura, els reactors Argos i Arbi van servir de banc de proves per a aquest projecte futur, el qual semblava concretar-se en un prototip d'usos múltiples, que servís tant per provar materials com per produir isòtops o per generar electricitat.<sup>97</sup>

El 1962, la JEN va començar els treballs per construir el prototip espanyol DON (Deuteri, Orgànic, Natural), el qual havia de ser d'urani natural, moderat per aigua pesada i amb refrigerant orgànic. Aleshores no hi havia al món cap reactor de potència d'aquestes característiques,<sup>98</sup> per això es va recórrer a l'ajut d'una empresa americana, l'Atòmic International, que havia construït reactors amb refrigerant orgànic i també amb sodi líquid.<sup>99</sup> La JEN seguia, així, l'exemple alemany de basar-

<sup>96</sup> Otero a Aragonés. Madrid, 18 d'abril de 1962. Reactor Nuclear, Caixes Ferran Tallada, Arxiu de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

<sup>97</sup> *Energía Nuclear*, núm. 13, gener-març, 1960, 5.

<sup>98</sup> A Suècia s'estava treballant en un reactor d'urani natural i aigua pesada (el R-3/ADAN, que va ser crític el 1963), i també al Canadà (el reactor CANDU va ser crític el 1964). Però tots dos utilitzaven com a refrigerant la mateixa aigua pesada i no feien servir refrigerant orgànic.

<sup>99</sup> L'Atòmic International va construir el HNPF (Hallam Nuclear Power Facility), a Nebraska, el SRE (Sodium Reactor Experimental), a Califòrnia, i el PNPf (Piqua Nuclear Facility), a Ohio.

se en la tècnica americana, però posant l'objectiu en el desenvolupament propi.<sup>100</sup> També es va buscar ajut econòmic a Alemanya a través de Karl Wirtz, però ni el govern d'aquest país ni les empreses privades no hi van voler participar.<sup>101</sup> L'entrada al govern espanyol del nou ministre d'Indústria Gregorio López Bravo va significar un canvi d'orientació de la política nuclear i va comportar l'aturada, el 1963, d'aquest ambiciós projecte i l'obertura de la possibilitat d'adquirir reactors a l'estranger, idea llargament desitjada per les empreses elèctriques.<sup>102</sup>

Si ho comparem amb el cas argentí, podem veure com en aquell país la construcció del primer reactor experimental va significar una gran fita en el desenvolupament tecnològic nuclear. Es tractava del reactor RA-1, similar al de Barcelona, ja que era del tipus Argonaut, que també va servir al CNEA per aprendre a construir un reactor amb els mitjans propis.

Els escassament tretze anys de vida del programa nuclear autònom espanyol contrasta amb els més de trenta de vigència d'un programa similar a l'Argentina. Per, mentre a Espanya el sector elèctric era partidari d'un ràpid desenvolupament de l'energia nuclear i no estava massa disposat a esperar resultats de la recerca, a l'Argentina, en canvi, aquest sector era majoritàriament favorable a l'esgotament dels recursos hidràulics, i per això el CNEA va trobar via lliure a la seva política autònoma sense les pressions del sector elèctric. A més, es va aconseguir un consens entre grups polítics i socials d'ideologia diversa en promoure, per raons d'independència nacional, el desenvolupament de l'energia nuclear de manera autònoma. Aquest consens era impensable a l'Estat espanyol, pel·l regim dictatorial existent i per l'absència d'oposició.

L'aturada, el 1963, de la política nuclear autònoma espanyola, plasmada en el projecte de nacionalització de la indústria nuclear, conferí als reactors Argos i Arbi un valor addicional, ja que els convertí en la darrera realització de la JEN com a fruit d'aquesta política.

Tanmateix, el reactor Argos per ell mateix ja va significar una innovació important, tant en el camp polític com en el tecnològic. En l'aspecte polític, perquè va ser el primer reactor construït, gairebé íntegrament, a Espanya. Així, mentre que la part nuclear del reactor JEN-1 es va comprar a l'estranger, en l'Argos, en canvi, es va fabricar al país. La part d'importació es va minimitzar, ja que únicament el grafit i l'urani enriquit es van adquirir a fora. Pel que fa a la innovació tecnològica, la construcció de l'Argos va propiciar tres fites importants. La primera, que la JEN s'atrevisís a mecanitzar el grafit, superant acurats problemes d'ordre tècnics. En

---

<sup>100</sup> *Energía Nuclear*, núm. 16, octubre-desembre, 1960, 5.

<sup>101</sup> El govern alemany no volia donar cap ajut econòmic si no el construïen empreses alemanyes, i les empreses no veien clara la participació en un projecte on tots els ingredients estaven assignats, ja que l'aigua pesada venia dels EUA, l'urani d'Andújar i els elements combustibles es fabricarien a Espanya. Vegeu la correspondència de Wirtz. PRESAS PUIG (1999).

<sup>102</sup> Una dada significativa d'aquest canvi d'actitud és la visita, l'octubre de 1964, del ministre francès de recerca i afers nuclear, M. Palewski, per entrevistar-se amb López Bravo. En aquesta reunió es va tractar la possibilitat de construir a Catalunya una central de model francès amb la participació d'Electricité de France. El gener de l'any següent ja s'havia constituït un grup de treball dirigit per Pere Duran Farell per estudiar la viabilitat d'aquest projecte. L'agost de 1966 ja es va començar a demanar pressupostos a diverses empreses. ALBET, Víctor i PLA, Enric (1997). "La operación después de la operación", *Nuclear España. Revista de la Sociedad Nuclear Española*, núm. 165, juny, 23-26.



segon lloc, que aconseguís que els EUA li proporcionessin, per primera vegada al món, l'urani en forma d'hexafluorur en lloc de fer-ho en forma d'òxid, com era habitual. I, també, que per primera vegada s'obtingués amb èxit aquesta transformació en els laboratoris de la JEN. Finalment, que es fabriquessin els elements de combustible per un procediment —l'emmarcació— diferent al dels altres reactors Argonaut que hi havia en funcionament.

Més particularment, si el reactor JEN-1 fou l'excusa per construir a Madrid un gran centre de recerca, el reactor Argos ho va ser per aixecar un nou edifici per a l'Escola d'Enginyeria Industrial a Barcelona que el va convertir, així, en una espècie de mascota o de vaixell insígnia d'aquesta nova etapa.

El reactor Argos va funcionar durant tretze cursos, un total de 477 dies, amb l'autorització provisional que li havien lliurat el 1963 i amb una ampliació posterior del març de 1964 fins que es va clausurar.<sup>103</sup> Va tenir una etapa inicial de funcionament modesta a la qual va seguir una de més ritme, de 1968 a 1975, coincidint amb la construcció i explotació inicial del reactor Vandellòs I.<sup>104</sup> En aquests anys va tenir activitats docents, de recerca i va formar els tècnics i treballadors dels reactors de potència que s'establiren a Catalunya. A partir de 1977, per les exigències de la nova llei nuclear, es va aturar i va restar així durant la dècada dels vuitanta. El 1987, seguint les recomanacions del Consell de Seguretat Nuclear, es van iniciar els estudis per clausurar-lo. Finalment, el 1992 el combustible es va enviar a la Gran Bretanya i es va començar un període de descontaminació i desmantellament.<sup>105</sup>

---

<sup>103</sup> ORTEGA ARAMBURU, Xavier (1981). *Informe sobre la situación y perspectivas de funcionamiento del Reactor Nuclear Argos de la ETSIIB*, juliol, Barcelona, Laboratorio de Ingeniería Nuclear, 11 p.

<sup>104</sup> La central de Vandellòs I, l'única de l'Estat espanyol d'urani natural-grafit-gas, va entrar en funcionament el 1972 i era propietat de la companyia Hispano Francesa, SA (Hifrensa). Va estar en funcionament fins al 1989, en què va quedar fora de servei a causa d'un incendi. El juliol de 1990, el Ministeri d'Indústria i Energia va decidir suspendre definitivament el permís d'explotació i començar les passes per desmantellar-la. ARMADA, José Ramon i RODRÍGUEZ, Alejandro (1997). "Proyecto de desmantelamiento y clausura de la central nuclear de Vandellós I. Memoria de Actividades", *Nuclear España. Revista de la Sociedad Nuclear Española*, núm. 165, juny, 17-21.

<sup>105</sup> ORTIZ GUTIÉRREZ, Javier (1997). "Desmantelamiento de reactores de investigación. El reactor Argos", *Nuclear España. Revista de la Sociedad Nuclear Española*, núm. 165, juny, 17-21.